



①⑨ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 51 811 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**F 02 D 41/06**

②① Aktenzeichen: 198 51 811.0  
②② Anmeldetag: 10. 11. 98  
④③ Offenlegungstag: 14. 10. 99

**DE 198 51 811 A 1**

③⑩ Unionspriorität:  
10-101150 13. 04. 98 JP  
⑦① Anmelder:  
Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP  
⑦④ Vertreter:  
HOFFMANN · EITLE, 81925 München

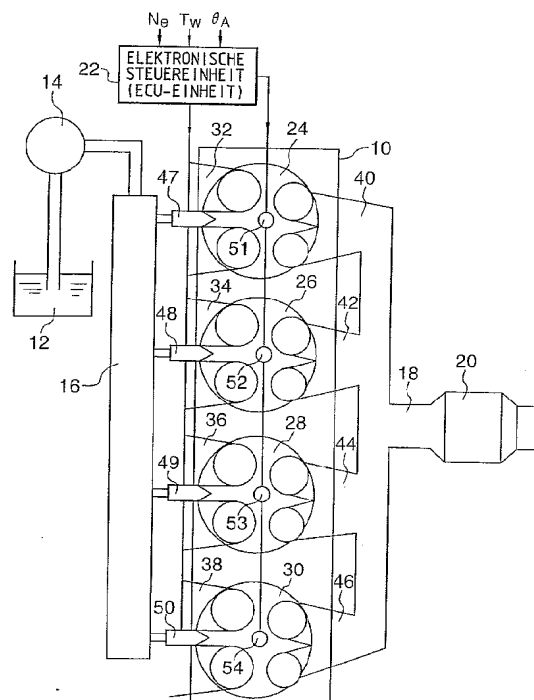
⑦② Erfinder:  
Tachibana, Ken, Tokio/Tokyo, JP

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Kraftstoffeinspritz-Regelsystem für einen Verbrennungsmotor vom Typ mit Zylindereinspritzung

⑤⑦ Für einen Verbrennungsmotor vom Typ mit Zylindereinspritzung wird ein Kraftstoffeinspritz-Regelsystem geschaffen, und zwar zum Regeln der Kraftstoffeinspritzung/Verbrennung, die während einem Expansionshub oder einem Auspuffhub des Motors erfolgt, damit ein Katalysator auf eine Aktivierungstemperatur sobald wie möglich während einer Motorstartphase erwärmt wird, bei Schutz des Katalysators gegenüber einer Verschlechterung/einem Auslösen und unter Gewährleistung der Reinigung des Abgases in einer früheren Stufe, unabhängig von Veränderungen in der Außentemperatur und hinsichtlich des Zustands eines Kraftfahrzeugs, die vorliegen, wenn der Motor ausgehend von dem kalten Zustand erneut gestartet wird oder wenn der Motor, nachdem er gestoppt wurde, in dem aufgewärmten Zustand erneut gestartet wird, und zusätzlich wird ein geeigneter Temperaturanstieg sowie ein Vermeiden eines Ableitens von nicht verbranntem Gas erreicht. Das System enthält eine Motorstart-Detektionsvorrichtung zum Detektieren des Startens des Motors (10), eine Temperaturdetektorvorrichtung (55) zum Detektieren der Temperatur ( $T_W$ ) des Motors (10), sowie eine Detektionsvorrichtung für einen Motorzustand mit niedriger Temperatur (22) zum Detektieren der Tatsache, ob der Motor mit niedriger Temperatur vorliegt oder nicht.



**DE 198 51 811 A 1**

Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein ein Kraftstoffeinspritz-Regelsystem für einen Verbrennungsmotor vom Typ mit Zylindereinspritzung, der auch als Verbrennungsmotor vom Typ mit Direkteinspritzung bekannt ist. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung ein Kraftstoff-Regelsystem zum Regeln der Kraftstoffeinspritzung in den Zylinder des Motors mit Zylindereinspritzung derart, daß sich ein Katalysator eines in einer Abgasleitung des Motors angeordneten Katalysatorumsetzers (catalyst converter) einfach auf eine Ansprech- bzw. Aktivierungstemperatur anheizen läßt, d. h. einer Temperatur, bei der der Katalysator während einer Startphase des Motorbetriebs aktiviert wird.

Allgemein wird ein Dreiwegen-Katalysatorumsetzer zum Reinigen eines Abgases eines Verbrennungsmotors eingesetzt, auf den im folgenden auch einfach als Motor Bezug genommen wird. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, daß dann, wenn die Temperatur des Katalysators niedriger als die Ansprechtemperatur ist, wie im Fall eines Kaltstarts des Motors, in dem der Motor in einem Zustand mit geringer Temperatur vorliegt, die Abgaskomponente wie HC, CO und dergleichen an die Atmosphäre ohne Erfassung durch den Katalysatorumsetzer abgegeben werden. Hinsichtlich der Handhabung dieses Problems sind bereits zahlreiche Maßnahmen zum Fördern des schnellen Ansprechens des Reinigungsvermögens oder des Reinigungswirkungsgrads des Katalysatorumsetzers vorgeschlagen. Beispielsweise ist gemäß einer Vorgehensweise eine Heizeinrichtung in der Abgasleitung des Motors zum Heizen des Katalysators vorgesehen, damit ein hoher Reinigungswirkungsgrad oder ein hohes Reinigungsleistungsvermögen des Katalysatorumsetzers so früh wie möglich in der Startphase des Motorbetriebs realisiert wird.

Als einer andere Vorgehensweise zum Heizen des Katalysators auf eine gewünschte Temperatur oder eine Ansprechtemperatur ist in der nicht geprüften japanischen Patentanmeldungs-Veröffentlichung Nr. 183922/1992 ein Kraftstoffeinspritz-Regelsystem für einen Ottomotor vom Typ mit Zylindereinspritzung offenbart, der mit einem Temperatursensor für einen Katalysator ausgerüstet ist. Das Kraftstoff-Regelsystem ist so entworfen, daß eine zusätzliche Kraftstoffeinspritzung während eines Expansions- oder Auspuffhubs durchgeführt wird, damit das Abgas, dem der zusätzlich eingespritzte Kraftstoff zugemischt ist, einer Verbrennung in der Abgasleitung unterzogen wird, und zwar zum Erwärmen des Katalysators bis zu einer gewünschten Temperatur oder Ansprechtemperatur.

Jedoch besteht bei dem üblichen Katalysator-Heizsystem ein Problem bedingt durch hohe Kosten im Zusammenhang mit der Anforderung zum Installieren einer Heizeinrichtung in der Abgasleitung zum Anheben der Temperatur des Katalysators oder der Anforderung zum Installieren eines Temperatursensors und einer zweiten Zündkerze in der Abgasleitung in deren Verlauf zum Ablauf.

Im Hinblick auf den oben beschriebenen Stand der Technik besteht eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung in der Schaffung eines Kraftstoffeinspritz-Regelsystems für einen Verbrennungsmotor vom Typ mit Zylindereinspritzung, die in der Lage ist, die Temperatur eines Katalysators schnell anzuheben, und zwar unabhängig von Änderungen im Umfeld oder der atmosphärischen Temperatur, ohne daß es zu einer Auflösung oder einem Schaden des Katalysators kommt.

Eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Schaffung eines Kraftstoffeinspritz-Regelsystems für einen Motor vom Typ mit Zylindereinspritzung, die sich kostengünstig implementieren läßt, ohne der Anforderung zum

Bereitstellen zusätzlicher Komponenten, wie einem Katalysortemperatursensor oder dergleichen.

Im Hinblick auf die obige und weitere Aufgaben, die sich anhand der nachfolgenden Beschreibung ergeben, wird gemäß einem allgemeinen Aspekt der vorliegenden Erfindung ein Kraftstoffeinspritz-Regelsystem für einen Verbrennungsmotor vom Typ mit Zylindereinspritzung geschaffen, bei dem Kraftstoff direkt in einen Zylinder durch ein Kraftstoffeinspritzsystem eingespritzt wird. Das oben erwähnte System enthält eine Motorstart-Detektionsvorrichtung zum Detektieren des Startens des Verbrennungsmotors, eine Temperatur-Detektorvorrichtung zum Detektieren der Temperatur des Motors, eine Detektorvorrichtung für einen Motorzustand mit niedriger Temperatur zum Detektieren der Tatsache, ob der Motor in einem kalten Zustand vorliegt oder nicht, und zwar durch Vergleichen des anhand der Ausgangsgröße der Temperatur-Detektorvorrichtung abgeleiteten Detektionswertes mit einem vorab gespeicherten vorgegebenen Wert, sowie eine Steuervorrichtung zum Steuern des Kraftstoffeinspritzventils, damit eine Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung während einem Expansionshub oder alternativ eine Auspuffhub-Kraftstoffeinspritzung während einem Auspuffhub durchgeführt wird, und zwar während lediglich einer vorgegebenen Zeitperiode oder während einer vorgegebenen Hublänge in Folge auf den Start der Kraftstoffeinspritzung und unter der Voraussetzung, daß das Starten des Verbrennungsmotors anhand der Ausgangsgröße der Motorstart-Detektionsvorrichtung detektiert ist und daß bei dem Motor ein Zustand mit niedriger Temperatur anhand der Ausgangsgröße der Detektionsvorrichtung für einen Motorzustand mit niedriger Temperatur detektiert wird.

Aufgrund der Ausbildung derart, daß die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung oder die Auspuffhub-Kraftstoffeinspritzung auf einen vorgegebene Zeitperiode oder eine vorgegebene zeitliche Dauer – wie oben erwähnt – begrenzt ist, lassen sich sehr vorteilhafte Wirkungen dahingehend erzielen, daß sich die Abgasreinigungswirkung in zufriedenstellender Weise selbst in einem früheren Zustand des Motorbetriebs gewährleisten läßt, und zwar aufgrund des schnellen Temperaturanstiegs des Katalysators, während sich der Katalysator gegenüber einer übermäßigen Erwärmung schützen läßt. Zudem läßt sich das Auftreten eines Motorabwürgens aufgrund der Verschlechterung der Kraftstoffeinspritzung und eines Kraftstoffrückstaus hiervon in positiver Weise vermeiden.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann die Steuervorrichtung so entworfen sein, daß sie variabel die zuvor erwähnte vorgegebene Zeit einstellt, und zwar in Übereinstimmung mit einem Detektionswert, der anhand der Ausgangsgröße der Temperatur-Detektionsvorrichtung detektiert wird.

Durch den oben beschriebenen Aufbau lassen sich vorteilhafte Wirkungen und Funktionen dahingehend erzielen, daß ein Schutz des Katalysators gegenüber einer Verschlechterung/einem Auflösen aufgrund der Erwärmung gewährleistet ist, und ferner eine Reinigung des Abgases, bedingt durch den Temperaturanstieg des Katalysators in einer früheren Stufe, unabhängig von der Veränderung der Umwelt- oder Außentemperatur sowie der Zustände des Kraftfahrzeugs, die vorliegen, wenn der Motor erneut aus dem kalten Zustand gestartet wird, d. h. bei einem Kaltstart des Motors, oder wenn der Motor erneut gestartet wird, nachdem er im erwärmten Zustand gestoppt ist.

Gemäß einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann die Steuervorrichtung so entworfen sein, daß sie die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung oder alternativ die Auspuffhub-Kraftstoffeinspritzung lediglich während einer Zeitperiode durchführt, die erforderlich ist,

damit ein sich durch Integration der Ausgangswerte des Kraftstoffeinspritzmengen-Steuersignals ergebender Wert einen vorgegebenen Akkumulierungswert annimmt.

Im Zusammenhang mit der oben beschriebenen Ausführungsform ist zu erkennen, daß sich durch ein vorangehen- des Speichern – und zwar in einer elektronischen Steuerein- heit oder einer ECU-Einheit – von Daten, wie dem integrierten akkumulierten Wert der Kraftstoffeinspritzungen oder der Wiederholungszahl für die Durchführung der Kraftstoff- einspritzung, die die Wärmemenge darstellt, die zum Erzie- len einer vorgegebenen Temperatur des Katalysators erforder- lich ist, der genaue oder optimale Temperaturanstieg im Zusammenhang mit der vorliegenden Temperatur des Kata- lysators erzielen läßt, wodurch sich das Ableiten von nicht gewünschten nicht verbrannten Gasen sicher selbst dann vermeiden läßt, wenn der Motor in der Startphase vorliegt.

Bei einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Er- findung läßt sich der vorgegebene Akkumulierungswert variabel in Übereinstimmung mit einem Detektionswert setzen, der anhand des Ausgangssignals der Temperatur der Detekti- onsvorrichtung abgeleitet wird.

Mit der oben beschriebene Ausführungsform läßt sich die Temperaturanstiegssteuerung des Katalysators mit verbesserter Genauigkeit durchführen.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Er- findung kann die Steuervorrichtung so entworfen sein, daß sie allmählich die Kraftstoffeinspritzmenge bei der Expansi- onshub-Kraftstoffeinspritzung oder Auspuffhub-Kraftstoff- einspritzung als Funktion der verstrichenen Zeit verringert oder alternativ als Funktion der Wiederholungszahl für das Durchführen des Expansionshubes.

Durch die oben erläuterte Anordnung wird die auf den Katalysator einwirkende Wärmemenge als Funktion der verstrichenen Zeit verringert, wodurch sich die Katalysator- temperatur auf einen vorgegebenen Wert stabilisieren läßt, ohne daß ein überspringen ausgelöst wird. Ferner läßt sich aufgrund des schnellen und genauen Erwärmen des Kataly- sators ein Ableiten von nicht verbrannten Gaskomponenten mit hoher Zuverlässigkeit vermeiden.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann die Steuervorrichtung so entworfen sein, daß sie die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung oder alternativ die Auspuffhub-Kraftstoffeinspritzung startet, nachdem der Motorstartbetrieb erfolgreich abgeschlossen ist oder alternativ nachdem eine vorgegebene Zeit in Folge auf den erfolgreichen Abschluß des Motorstartbetriebs verstrichen ist.

Mit dem oben erläuterten Aufbau läßt sich der Tempera- turanstieg des Katalysators realisieren, während ein Motor- startfehler und/oder eine anormale Motordrehzahl vermie- den ist.

Gemäß einer zusätzlichen weiteren bevorzugten Ausführ- ungsform der Erfindung kann die Steuervorrichtung die Kraftstoffeinspritzung in dem Expansionshub oder alternati- v in dem Auspuffhub lediglich für einen bestimmten der Zylinder des Verbrennungsmotors durchführen.

Mit dem oben beschriebenen Aufbau des Kraftstoffein- spritz-Regelsystems läßt sich die Menge des in dem Motor- zylinder während eines Leerlaufbetriebs eingespritzten Kraftstoffes minimieren, während eine hochgenaue Steue- rung einer dem Katalysator zugeführten Wärmemenge ge- währleistet ist. Zusätzlich kann bei dem oben beschriebenen Kraftstoffeinspritz-Regelsystem der Motorkühlwasser-Tem- peratursensor und/oder der Einlaßluft-Temperatursensor für die Kraftstoffeinspritzsteuerung eingesetzt werden. In ande- ren Worten ausgedrückt, läßt sich die Aufgabe der vorlie- genden Erfindung, d. h. die Erhöhung der Temperatur des Katalysators auf die Aktivierungstemperatur hiervon früher

während der Startphase des Motorbetriebs, erzielen, ohne daß eine Anforderung für das zusätzliche Bereitstellen des Sensors zum Detektieren der Temperatur des Katalysators besteht, und zwar lediglich durch teilweises Ändern des von dem Kraftstoffeinspritz-Regelsystem eingesetzten Regel- programms. Demnach läßt sich die Aufgabe der vorliegen- den Erfindung wirtschaftlich ohne der Erhöhung im Zusam- menhang mit der Implementierung auftretenden Kosten er- zielen.

Die obige und weitere Aufgaben, Merkmale und zugeord- nete Vorteile der vorliegenden Erfindung lassen sich einfach durch Lektüre der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter beispielhafter Ausführungsformen hiervon im Zusam- menhang mit der beiliegenden Zeichnung erkennen. Im Verlauf der nachfolgenden Beschreibung erfolgt ein Bezug auf die Zeichnung; es zeigen:

**Fig. 1** ein Zeitablaufdiagramm zum Darstellen der Kol- benhübe in einem Verbrennungsmotor vom Typ mit Zylindereinspritzung, bei dem die vorliegende Erfindung ange- wendet wird;

**Fig. 2** ein Diagramm zum allgemeinen und schemati- schen Darstellen einer Struktur eines Verbrennungsmotors vom Typ mit Zylindereinspritzung, für den sich ein Kraft- stoffeinspritz-Regelsystem gemäß der vorliegenden Erfin- dung anpassen läßt;

**Fig. 3A** eine Teilquerschnittsansicht eines Motorzylind- ers zum Darstellen einer ersten oder Primär-Kraftstoffein- spritzung, die in einer späteren Stufe bei einem Kompressi- onshub durchgeführt wird;

**Fig. 3B** eine Draufsicht auf denselben;

**Fig. 3C** eine Teilquerschnittsansicht eines Motorzylinders zum Darstellen einer zweiten oder sekundären Kraftstoff- einspritzung, die bei einem Expansionshub durchgeführt wird;

**Fig. 3D** eine Draufsicht auf denselben;

**Fig. 3E** eine Ansicht ähnlich zu der **Fig. 3C** und zum Dar- stellen eines Zustands, bei dem eine zweite Zündung statt- findet;

**Fig. 4** ein Flußdiagramm zum Darstellen eines Regelpro- gramms, das von einem Kraftstoffeinspritz-Regelsystem ge- mäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfin- dung durchgeführt wird;

**Fig. 5** ein Flußdiagramm zum Darstellen eines Regelpro- gramms, das von einem Kraftstoffeinspritz-Regelsystem ge- mäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Er- findung durchgeführt wird;

**Fig. 6** ein Zeitablaufdiagramm zum Darstellen der Vor- gänge bei der Kraftstoffeinspritzregelung, die von dem Kraftstoffeinspritz-Regelsystem gemäß der zweiten Aus- führungsform der vorliegenden Erfindung durchgeführt wird;

**Fig. 7** ein Flußdiagramm zum Darstellen eines Regelpro- gramms, das von einem Kraftstoffeinspritz-Regelsystem ge- mäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfin- dung durchgeführt wird;

**Fig. 8** ein Zeitablaufdiagramm zum Darstellen der Vor- gänge der Kraftstoffeinspritzregelung, die durch ein Kraft- stoffeinspritz-Regelsystem gemäß einer vierten Ausführ- ungsform der vorliegenden Erfindung durchgeführt wird;

**Fig. 9** einen Graphen zum Darstellen der Vorgänge der Kraftstoffeinspritzregelung, die durch das Kraftstoffein- spritz-Regelsystem gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung durchgeführt wird;

**Fig. 10A** ein Flußdiagramm zum Darstellen bei einem Steuerprogramm, das durch ein Kraftstoffeinspritz-Regelsy- stem gemäß einer fünften Ausführungsform der vorliegen- den Erfindung durchgeführt wird;

**Fig. 10B** ein Zeitablaufdiagramm zum Darstellen des Be-

triebs desselben;

**Fig. 11A** ein Flußdiagramm zum Darstellen der Inhalte eines modifizierten Regelprogramms, das durch das Kraftstoffeinspritz-Regelsystem gemäß der fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung durchgeführt wird;

**Fig. 11B** ein Zeitablaufdiagramm zum Darstellen desselben;

**Fig. 12** ein Zeitablaufdiagramm zum Darstellen des Betriebs der Kraftstoffeinspritzregelung, die durch eine Kraftstoffeinspritz-Regelsystem gemäß einer sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung durchgeführt wird;

**Fig. 13** ein Zeitablaufdiagramm zum Darstellen einer modifizierten Kraftstoffeinspritzregelung, die durch das Kraftstoffeinspritz-Regelsystem gemäß der sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung durchgeführt werden kann; und

**Fig. 14** ein Zeitablaufdiagramm zum Darstellen einer anderen modifizierten Kraftstoffeinspritzregelung, die von dem Kraftstoffeinspritz-Regelsystem gemäß der sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung durchgeführt werden kann.

Bevor eine detaillierte Beschreibung der beispielhaften oder bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung erfolgt, wird das der Erfindung zugrundeliegende grundlegende Konzept oder Prinzip zunächst unter Bezug auf die **Fig. 1** bis **3** beschrieben. Wie in **Fig. 2** gezeigt, besteht das System des Verbrennungsmotors vom Typ mit Zylindereinspritzung, bei dem sich die vorliegende Erfindung anwenden läßt, aus einem Motorblock **10**, einem Kraftstofftank **12**, einer Hochdruckkraftstoffpumpe **14** zum Komprimieren des von dem Kraftstofftank **10** zugeführten Kraftstoffs auf einen Pegel mit hohem Druck, einer Abgabelleitung **16**, die gemeinsam für die einzelnen Motorzylinder vorgesehen ist, zum zeitweisen Speichern des komprimierten Kraftstoffs vor dem Zuführen des Kraftstoffs unter Verteilung auf die einzelnen Motorzylinder, einem Abgasdurchgang **18**, über den die von den einzelnen Zylindern ausgestoßenen Abgase kollektiv zu der Atmosphäre abgeleitet werden, einem Katalysatorumsetzer **20** mit einem Katalysator, der in der Abgasleitung **18** zum Reinigen des Abgases installiert ist, einer elektronischen Steuereinheit **22**, auf die im folgenden abgekürzt als ECU-Einheit Bezug genommen wird, und zwar zum Steuern des Betriebszustands des Verbrennungsmotors vom Typ mit Zylindereinspritzung, usw.

Funktionsgemäß enthält die elektronische Steuereinheit oder die ECU-Einheit **22** eine Detektionsvorrichtung für einen Motorzustand mit geringer Temperatur, eine Steuervorrichtung zum Steuern der Kraftstoffeinspritzventile sowie eine andere Steuervorrichtung, wie hier zuvor beschrieben.

Die Verbrennungskammern **24**, **26**, **28** und **30** der einzelnen Zylinder sind jeweils mit Einlaßöffnungen **32**, **34**, **36** und **38** und Auslaßöffnungen **40**, **42**, **44** und **46** versehen. Jede der Einlaßöffnungen enthält ein Paar von Einlaßventilen, wohingehend jede der Auslaßöffnungen ein Paar von Auslaßventilen enthält, derart, daß die einzelnen Auslaßöffnungen **40**, **42**, **44** und **46** zusammen kombiniert und in einem Zustand platziert sind, der eine Verbindung zu dem Katalysatorumsetzer **20** über die Abgasleitung **18** ermöglicht.

An den Zylinderköpfen des Motors sind Kraftstoffeinspritzventile **47** bis **50** montiert, die jeweils zugeordnete obere Endabschnitte aufweisen, die jeweils für ein Öffnen in die zugeordnete Verbrennungskammer **24**, **26**, **28** und **30** angepaßt sind. Insbesondere dann, wenn ein (nicht gezeigtes) piezoelektrisches Element elektrisch unter Steuerung der ECU-Einheit **22** erregt wird, wird ein Kraftstoffeinlaßabschnitt oder eine Sprühdüse des zugeordneten Kraftstoffeinspritzventils **47**; **48**; **49**; **50** geöffnet, wodurch Kraftstoff unter hohem Druck in die Verbrennungskammer **24**; **26**; **28**; **30**

ausgehend von der Abgabelleitung **16** eingespritzt wird. In diesem Zusammenhang ist hinzuzufügen, daß aufgrund der Tatsache, daß der Druck in der Abgabelleitung **16** im wesentlichen konstant ist, die Menge oder Quantität des in die Verbrennungskammer eingespritzten Kraftstoffs, auf die im folgenden auch als Kraftstoffeinspritzmenge Bezug genommen wird, proportional zu der Zeitdauer oder -periode ist, während der die Sprühdüse des Kraftstoffeinspritzventils **47**; **48**; **49**; **50** in dem geöffneten Zustand gehalten wird.

Zündkerzen **51** bis **54** sind in der Nähe jeweils der oberen Wandabschnitte der Verbrennungskammern **24**, **26**, **28** und **30** montiert. Bei der ECU-Einheit **22** werden Signale zum Anzeigen der Lastzustände des Motors eingegeben, z. B. der Motordrehgeschwindigkeit oder -zahl  $N_e$  (U/min), des Drosselklappenöffnungsgrades  $\theta_A$  und dergleichen, und zwar ausgehend von den zahlreichen (nicht gezeigten) relevanten Sensoren. Zusätzlich wird von einem (nicht gezeigten) Wassertemperatursensor, der zum Detektieren der Temperatur des Motorkühlwassers vorgesehen ist, ein Signal zum Darstellen der Temperatur  $T_w$  des Motors bei der ECU-Einheit **22** eingegeben. Auf der Grundlage dieser Eingangssignale erzeugt die ECU-Einheit **22** ein Kraftstoffeinspritzmengen-Steuersignal  $Q_{ij}$  zum Anweisen des Zeitablaufs, zu dem das Kraftstoffeinspritzventil **47**; **48**; **49**; **50** zu öffnen ist sowie der Periode, während der das Kraftstoffeinspritzventil jeweils in dem geöffneten Zustand gehalten wird. Zusätzlich erzeugt die ECU-Einheit **22** ein Zündzeitablauf-Steuersignal  $e_{ig}$  zum Anweisen des Zeitablaufs für das elektrische Erregen der Zündkerze **51**; **51**; **53**; **54**.

Nun wird unter Bezug auf die **Fig. 3A** bis **3E** in Verbindung mit der **Fig. 1** das grundlegende Konzept erläutert, auf dem das Kraftstoffeinspritz-Regelsystem gemäß der vorliegenden Erfindung aufbaut. Die **Fig. 3A** bis **3E** zeigen Ansichten zum Darstellen einer Motorzylinderstruktur im Zusammenhang mit der Verbrennungskammer **24** als Beispiel für die vier Zylinder sowie zum Darstellen der Hauptphänomene, die in der Verbrennungskammer auftreten. Ferner zeigt die **Fig. 1a** ein Zeitablaufdiagramm zum Darstellen der Kolbenhübe bei dem Verbrennungsmotor vom Typ mit Zylindereinspritzung, und es ist zu erkennen, daß die anderen Zylinder jeweils mit einer anderen Struktur aufgebaut sind. Es ist jedoch zu erwähnen, daß die Betriebszeitabläufe für diese Zylinder sich voneinander um  $180^\circ\text{CA}$  unterscheiden, d. h. im Hinblick auf den Kurbelwinkel der Zündfolge. In **Fig. 3A** ist ein Zustand gezeigt, der in einer Verbrennungskammer in einer späteren Stufe des Verbrennungshubs vorliegt, wenn ein Kolben **56** nach oben zu einer Position in der Nähe des oberen Totpunkts (top dead center) bewegt ist, derart, daß sowohl das Einlaßventil als auch das (nicht gezeigte) Auslaßventil geschlossen sind. In diesem Zustand wird die Strahldüse des Kraftstoffeinspritzventils **47** lediglich während einer durch die ECU-Einheit **22** angewiesenen Zeitperiode geöffnet, wodurch der Kraftstoff mit einer durch das Kraftstoffeinspritzmengen-Steuersignal durch  $Q_{ij}$  angezeigten Menge in der Form eines Kraftstoff-Sprühstahls **57** in konkaver Form **58** mit vorgegebener Tiefe eingespritzt und in der oberen Oberfläche des Kopfes des Kolbens **56** gebildet wird. Diese Kraftstoffeinspritzung wird als die erste oder primäre Kraftstoffeinspritzung  $I_{j1}$  bezeichnet. Diese Kraftstoffeinspritzung  $I_{j1}$  ist auch in **Fig. 1** gezeigt. In dem dargestellten Beispiel ist die erste oder primäre Kraftstoffeinspritzung  $I_{j1}$  so dargestellt, als ob sie lediglich in der konkaven Form **58** stattfindet, wie sich anhand der Draufsicht nach **Fig. 3B** erkennen läßt. Jedoch erfolgt dies lediglich zum Zweck der Darstellung. Die Kraftstoffeinspritzung kann in anderen zahlreichen Formen auftreten.

Als Ergebnis der ersten oder primären Kraftstoffeinspritzung  $I_{j1}$  wird eine Menge eines höchst angereicherten

Brennstoffgemisches mit ungefähr stöchiometrischem Mischungsverhältnis in der Verbrennungskammer **24** in der Nähe der Zündelektrode der Zündkerze **51** gebildet. Demnach wird bei Auslösen einer elektrischen Entladung bei der Zündkerze **51** unter elektrischer Erregung in Ansprechen auf das Zündzeitablauf-Steuersignal  $e_{ig}$ , das von der ECU-Einheit **22** erzeugt wird, zu einem Zeitpunkt, wenn der Kolbenkopf in der Nähe des oberen Totpunkts positioniert ist, der um die Zündkerze **51** vorliegende angereicherte Brennstoffluftgemischbereich anfänglich als erste Zündung  $I_{g1}$  gezündet, um hierdurch einen sogenannten Brennkeim oder -kern zu bilden, von dem ausgehend die Flamme das magere Gasgemisch am Umfang der Verbrennungskammer **24** durchquert, was demnach zur Verbrennung der gesamten Mischung im Rahmen der ersten oder primären Verbrennung führt.

Aufgrund des oben beschriebenen Prozesses kann eine derartige magere Gasmischung, die sich allein durch den von der Zündkerze **51** erzeugten elektrischen Funken nicht zünden läßt, der Verbrennung als Ganzes unterzogen werden. Infolge auf die in **Fig. 1** gezeigte Zündung  $I_{g1}$  und die Verbrennung der Gasmischung in der Verbrennungskammer **24** wird ein Expansions- oder Explosionshub durchgeführt, bei dem der Kolben **56** in eine Abwärtsbewegung gezwungen wird. In diesem Fall erfolgt zu einem geeigneten Zeitperiode bei dem Expansionshub, z. B. zwischen einem Mittelpunkt des Expansionshubs und dem unteren Totpunkt eine zweite oder sekundäre Kraftstoffeinspritzung in die Verbrennungskammer **24** ausgehend von dem Kraftstoffeinspritzventil **47**. Diese Kraftstoffeinspritzung  $I_{j2}$  ist ebenfalls in **Fig. 1** gezeigt.

Insbesondere wird, wie in den **Fig. 3C** und **3D** gezeigt, ein Kraftstoffsprühstahl **59** als Ergebnis der oben erwähnten zweiten oder sekundären Kraftstoffeinspritzung  $I_{j2}$  erzeugt. Da sich der Kolben **56** dann nach unten zu dem unteren Totpunkt bewegt, trifft die eingespritzte Kraftstoffmischung auf die obere Oberfläche des Kopfes des Kolbens **56** über einen großen Bereich hinweg. In diesem Zeitpunkt weist die obere Oberfläche des Kolbens **56** eine hohe Temperatur auf. Demnach wird der Kraftstoff unmittelbar verdampft, damit eine Mischung mit dem expandierten Verbrennungsgas **60** erfolgt, d. h. dem Gas, das sich aus der ersten oder primären und oben erwähnten Verbrennung in dem Zylinder ergibt. Da der Motor vom Typ mit Zylindereinspritzung so betrieben wird, daß Luft in Übermaß zugeführt wird, verbleibt eine ausreichende Menge von Luft in dem Verbrennungsgas **60**, die ermöglicht, daß durch die zweite Kraftstoffeinspritzung  $I_{j2}$  zugeführter Kraftstoff einer Verbrennung unterzogen wird. Selbstverständlich ist es möglich, die zweite Kraftstoffeinspritzung  $I_{j2}$  so zu regulieren, daß das Abgas das gewünschte stöchiometrische Mischungsverhältnis erreicht.

Durch das oben beschriebene Kraftstoffeinspritzsystem kann selbst der Dreifache-Katalysator in dem Katalysatorumsetzer **20** eingesetzt werden. Wie in der **Fig. 1** und der **Fig. 3E** gezeigt, wird die zweite Zündung  $I_{g2}$  und somit die zweite Verbrennung des durch die zweite Kraftstoffeinspritzung  $I_{j2}$  zugeführten Kraftstoffs durch elektrisches Erregen der in der Verbrennungskammer **24** des Motorblocks **10** montierten Zündkerze **51** durchgeführt, und zwar zu einem geeigneten Zeitpunkt während einer späteren Hälfte des Expansionshubes, während der sich der Kolben **56** nach unten ausgehend von dem oberen Totpunkt bewegt.

Die oben erwähnte zweite Verbrennung dient zum Anheben der Temperatur des Abgases, das über einen weiten Bereich strömt und vorliegt, der nicht nur das Innere des Zylinders wie die Verbrennungskammer **24** abdeckt, sondern auch das Äußere derselben, beispielsweise den Auslaßan-

schluß **40** und die Abgasleitung **18**, wie in **Fig. 2** gezeigt. Demnach wird der in dem Katalysatorumsetzer **20** enthaltene Kondensator schnell erwärmt, damit er die Aktivierungstemperatur erreicht, d. h. die Temperatur, bei der der Katalysator aktiviert wird und eine zufriedenstellende Abgasreinigungswirkung erzielt.

Wird durch die ECU-Einheit **22** entschieden, daß die anhand der Ausgangsgröße des Kühlwassertemperatursensors abgeleitete Motortemperatur  $T_w$  eine gewünschte Temperatur erreicht oder überschritten hat, die zuvor unter Berücksichtigung der der Aktivierungstemperatur des Katalysators bestimmt ist, so wird die zweite Kraftstoffeinspritzung  $I_{j2}$  und die zweite Zündung  $I_{g2}$  und somit die zweite Verbrennung bei dem Expansionshub anhand eines von der ECU-Einheit **22** abgegebenen Befehls gesperrt, worauf der normale Betriebszustand des Motors angenommen wird, bei dem die zweite oder sekundäre Verbrennung zum Heizen des Katalysators nicht mehr durchgeführt wird.

Der Motor vom Typ mit Zylindereinspritzung unterscheidet sich von dem üblichen Verbrennungsmotor hinsichtlich der Tatsache, daß Kraftstoff in die Verbrennungskammer **24**; **26**; **28**; **30** durch Betreiben des zugeordneten Kraftstoffeinspritzventils **47**; **48**; **49**; **50** selbst während dem Expansionshub oder dem Auspuffhub zugeführt werden kann, bei dem das Einlaßventil des Motors geschlossen ist. Durch Ausnützen dieses Merkmals wird bei dem Kraftstoffeinspritz-Regelsystem gemäß der Erfindung die zweite oder sekundäre Kraftstoffeinspritzung  $I_{j2}$  während dem Expansionshub durchgeführt, derart, daß die zweite Zündung  $I_{g2}$  durch Anwendung der in der Verbrennungskammer **24**; **26**; **28**; **30** montierten Zündkerze **51**; **52**; **53**; **54** bewirkt wird, damit die Temperatur des Katalysators durch Heizen des Abgases in dem Auslaßabschnitt **40**; **42**; **44**; **46** und der Abgasleitung **18** usw. vergrößert oder angehoben wird.

In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, daß das Kraftstoffeinspritz-Regelsystem gemäß der Erfindung demnach das Merkmal aufweist, daß die Kraftstoffeinspritzung bei dem Expansionshub lediglich während einer vorbestimmten Periode validiert ist, z. B. innerhalb einer Zeitperiode von 40 Sekunden im Verlauf des Motoraufwärmvorgangs nach dem Start des Motors. Durch dieses Merkmal läßt sich die Temperatur des Katalysators auf einen ausreichend hohen Wert anheben, während vermieden wird, daß die Temperatur des Katalysators übermäßig erhöht ist.

Bei dem Kraftstoffeinspritz-Regelsystem gemäß der vorliegenden Erfindung läßt sich die zweite oder sekundäre Verbrennung zum Anheben der Temperatur des Katalysators, wie sie oben beschrieben ist, ohne Modifizieren oder Veränderung der Hardware-Anordnung des üblichen oder existierenden Kraftstoffeinspritz-Regelsystems realisieren, und zwar durch einfaches Modifizieren eines Teils des durch die ECU-Einheit **22** durchgeführten Regelprogramms. In diesem Fall besteht keine Anforderung für das zusätzliche Bereitstellen irgendeiner spezifischen Einrichtung. In diesem Zusammenhang sollte ferner erwähnt werden, daß sich die Erzeugung eines Drehmoments, das in Richtung zu einer Umkehrung der Drehung des Motors wirkt, sowie das Auftreten der Rückströmung des Verbrennungsgases zu der Einlaßleitung durch eine Anordnung oder Programmierung derart positiv vermeiden läßt, daß die zweite Zündung  $I_{g2}$  erzwungenermaßen während der späteren Hälfte des Expansionshubes auftritt.

Die vorangehende Beschreibung erfolgte unter der beispieldhaften Annahme, daß die zweite Zündung  $I_{g2}$  während dem Expansionshub in Folge auf die zweite Kraftstoffeinspritzung  $I_{j2}$  durchgeführt wird. Es ist jedoch zu erkennen, daß auf die zweite oder sekundäre Zündung  $I_{g2}$  durch Rückgriff auf eine Selbstzündung verzichtet werden kann, die zu

einer spontanen Zündung führt, oder daß alternativ die zweite Zündung  $I_{g2}$  im Verlauf des Auspuffhubes bewirkt werden kann.

Nun wird die vorliegende Erfindung detailliert im Zusammenhang mit dem beschrieben, was momentan als bevorzugte oder typische Ausführungen hiervon angesehen werden, und zwar unter Bezug auf die Zeichnung. Am Rande sei bemerkt, daß in der folgenden Beschreibung gleiche Bezugszeichen zum Bezeichnen gleicher oder entsprechender Teile über die gesamten Ansichten hinweg benützt werden.

Nun erfolgt die Beschreibung eines Kraftstoffeinspritz-Regelsystems gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die **Fig. 4** zeigt ein Flußdiagramm zum Darstellen eines Regelprogramms, das durch das Kraftstoffeinspritz-Regelsystem gemäß der vorliegenden Ausführungsform durchgeführt wird. Zunächst sollte erwähnt werden, daß das jetzt betrachtete Regelprogramm wiederholt durch die ECU-Einheit **22** einmal für zwei Umdrehungen der Kolbenwelle durchgeführt wird.

Wie in **Fig. 4** gezeigt, wird bei dem Start des Regelprogramms im Schritt S100 nachfolgend in einem Schritt S101 durch eine (nicht gezeigte) Motorstart-Detektionsvorrichtung entschieden oder bestimmt, ob der Motor in dem Startzustand vorliegt oder nicht. Nachfolgend erfolgt ein Bezug auf diesen Zustand als Motorstartzustand oder -phase. Erfolgt die Entscheidung im Schritt S101 dahingehend, daß der Motor in dem Startzustand oder der Startphase vorliegt, d. h. führt der Entscheidungsschritt S101 zu einer Bestätigung "JA", so folgt die Durchführung des Regelprogramms oder anders ausgedrückt, die Verarbeitung geht zu einem Schritt S102 über. Andererseits geht dann, wenn entschieden wird, daß der Motor nicht in der Startphase vorliegt, d. h. wenn das Ergebnis des Entscheidungsschrittes S101 negativ bzw. "NEIN" ist, die Bearbeitung zu einem Schritt S110 über. Am Rande sei bemerkt, daß mit der oben erwähnten Formulierung "Motorstartzustand oder -phase", der Zustand bezeichnet sein soll, in dem der Motorstarter angetrieben wird. Alternativ kann der Zustand, in dem die Motordrehzahl (U/min) niedriger als ein vorgegebener Wert ist, als der Startzustand oder die Startphase definiert sein. Ferner können der Motorstartzustand oder die Motorstartphase anhand einer Entscheidung bestimmt sein, ob die momentane Durchführung des nun betrachteten Regelprogramms den ersten Durchlauf betrifft oder nicht.

Anschließend wird in dem Schritt S102 die Motortemperatur wie die Kühlwassertemperatur  $T_W$  herangezogen, und ein Zähler CNTK wird rückgesetzt. In einem Schritt S103 wird die Motortemperatur  $T_W$  mit einer vorgegebenen Aufwärmtemperatur  $T_H$  verglichen. Ist die Motortemperatur  $T_W$  höher als die vorgegebene Aufwärmtemperatur  $T_H$ , wie im Fall des Neustarts des Motors, so geht die Verarbeitung zu einem Schritt S106 über und andernfalls zu einem Schritt S104. In dem Schritt S104 wird die Motortemperatur  $T_W$  mit einer vorgegebenen unteren Temperatur  $T_C$  verglichen. Die vorgegebene untere Temperatur  $T_C$  kann auf eine Tiefst- bzw. Cryo-Temperatur von beispielsweise  $-30^\circ\text{C}$  gesetzt sein.

Wird im Schritt S104 entschieden, daß die Motortemperatur  $T_W$  höher als die vorgegebene niedrigere Temperatur  $T_C$  ist, so geht die Verarbeitung zu einem Schritt S105 über und andernfalls zu einem Schritt S109. In dem Schritt S105 wird die Motortemperatur  $T_W$  mit einer vorgegebenen Temperatur  $T_1$  verglichen, die niedriger als die oben erwähnte vorgegebene Aufwärmtemperatur  $T_H$  und höher als die ebenfalls oben erwähnte niedrige Temperatur  $T_C$  ist. Ist die Motortemperatur  $T_W$  höher als die vorgegebene Temperatur  $T_1$ , so geht die Verarbeitung zu einem Schritt S107 über. Andernfalls geht sie zu einem Schritt S108 über. In den Schritten

S106 bis S109 werden vorgegebene Zeitdauern oder Perioden  $K_T$  jedes mit unterschiedlichen Werten "0", "a1", "a2" und "a3" selektiv für die zweite oder sekundäre Kraftstoffeinspritzregelung während des Expansionshubs gesetzt, d. h. für  $I_{g2}$  wie in **Fig. 1** gezeigt. Am Rande sei bemerkt, daß auf die während dem Expansionshub durchgeführte Kraftstoffeinspritzung auch als Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung Bezug genommen wird. Ähnlich wird auf die während dem Auspuffhub durchgeführte Kraftstoffeinspritzung ebenfalls als Auspuffhub-Kraftstoffeinspritzung Bezug genommen.

In dem Schritt S106 wird die vorgegebene Zeitperiode  $K_T$  für die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzregelung zu Null gesetzt, worauf der Schritt S110 durchgeführt wird. In dem Schritt S107 wird ein vorgegebener Wert a1, der vorab in der ECU-Einheit **22** in Zuordnung zu der Motortemperatur  $T_W$  ( $T_H \geq T_W > T_1$ ) gespeichert ist, zu  $K_T$  als vorgegebene Zeitperiode für eine einzige Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung gesetzt. Andererseits wird in dem Schritt S108 ein anderer ebenfalls in der ECU-Einheit **22** gespeicherter vorgegebener Wert a2 zu der vorgegebenen Zeitperiode  $K_T$  gesetzt, während ein weiterer ebenfalls in der ECU-Einheit **22** gespeicherter vorgegebener Wert a3 in dem Schritt S109 zu der vorgegebenen Zeitperiode  $K_T$  gesetzt wird. Hierdurch werden die vorgegebenen Zeitperioden zum Bewirken der Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung zu  $K_T$  gesetzt, und zwar jeweils in Übereinstimmung mit den detektierten Werten für die Motortemperatur  $T_W$ .

In dem Schritt S110 erfolgt ein Vergleich des Zählwerts CNTK mit der vorgegebenen Zeit  $K_T$  um hierdurch zu entscheiden oder zu bestimmen, ob die vorgegebene Zeitperiode ausgehend von dem Start des Motors verstrichen ist oder nicht. Hierfür ist der Zähler CNTK so entworfen, daß er bei jeder (nicht gezeigten) Zeitgeberunterbrechung inkrementiert wird. Wird in dem Schritt S101 der Startzustand festgestellt, so wird der Zähler CNTK rückgesetzt, während er auf einem Maximalwert gehalten wird. Wird entschieden, daß die oben erwähnte, vorgegebene Zeitperiode  $K_T$  verstrichen ist, so geht der Ablauf des Regelprogramms zu einem Schritt S112 über. Andernfalls geht er zu einem Schritt S111 über.

In dem Schritt S111 erfolgt eine Entscheidung dahingehend, ob die Motortemperatur  $T_W$  höher als die vorgegebene Aufwärmtemperatur  $T_H$  ist. Ist die Motortemperatur  $T_W$  höher als die vorgegebene Aufwärmtemperatur  $T_H$ , so geht der Ablauf zu dem Schritt S112 über, und andernfalls zu einem Schritt S113.

In dem Schritt S113 wird die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzsteuerung durchgeführt oder fortgesetzt, je nach dem vorliegenden Fall. Im Ergebnis erfolgt die zweite oder sekundäre Verbrennung zum Anheben der Temperatur des Katalysators, so wie hier zuvor beschrieben.

In dem Schritt S112 wird die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzregelung invalidiert oder gestoppt. Insbesondere wird die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzsteuerung dann gestoppt, wenn in dem Schritt S101 eine Entscheidung dahingehend erfolgt, daß die vorgegebene Zeit bezogen auf den Motorstart verstrichen ist oder wenn in dem Schritt S111 entschieden wird, daß die Motortemperatur  $T_W$  höher als die vorgegebene Aufwärmtemperatur  $T_H$  ist. Somit terminiert das Regelprogramm in einem Schritt S114. Hiernach liegt ein übliche Motorbetriebszustand vor, ohne daß er von durch das Auftreten der zweiten und sekundären Verbrennung begleitet wird.

Wie sich anhand der obigen Ausführungen erkennen läßt, läßt sich bei dem Kraftstoffeinspritz-Regelsystem für den Motor vom Typ mit Zylindereinspritzung gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung die oben erwähnte vorge-

gebene Zeitperiode  $K_T$  variabel in Übereinstimmung mit dem detektierten Temperaturwert setzen, der anhand der Ausgangsgröße der Temperatur-Detektionsvorrichtung abgeleitet wird. Mittels dieses Merkmals läßt sich der Schutz des Katalysators gegen eine Verschlechterung/ein Auslösen sowie eine Reinigung des Abgases in einer früheren Stufe, unabhängig von der Änderung des Umfelds oder der atmosphärischen Temperatur, erreichen, sowie ferner derjenigen (Stufe) des Betriebszustands des Kraftfahrzeugs, die vorliegt, wenn der Motor ausgehend von dem Kaltzustand erneut gestartet wird, d. h. bei einem Kaltstart des Motors oder wenn der Motor erneut gestartet wird, während er im aufgewärmten Zustand gestoppt wurde. Bei der vorangehenden Beschreibung des Kraftstoffeinspritz-Regelsystems gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung wurde davon ausgegangen, daß die oben erwähnte vorgegebene Zeitperiode  $K_T$  variabel und selektiv zu einem der drei Werte  $a_1$ ,  $a_2$  und  $a_3$  gesetzt werden kann. Jedoch versteht es sich von selbst, daß die vorgegebene Zeitperiode  $K_T$  variabel und selektiv auf eine größere Zahl von Werten "a" gesetzt werden kann, und zwar durch selektives Auslesen des vorgegebenen Werts aus der in der ECU-Einheit 22 gespeicherten Datenabbildung unter Einsatz der Motortemperatur als Parameter.

In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, daß auch ein Einlaßluft-Temperatursensor, ein Öltemperatursensor, ein Katalysator-Temperatursensor, ein Abgastemperatursensor oder dergleichen als Motortemperatursensor eingesetzt werden können. Ferner ist es anstelle des Inkrementierens des Zählers CNTK als Funktion der verstrichenen Zeit möglich, den Zähler CNTK bei jeder vollständigen Drehung der Kurbelwelle zu inkrementieren. Zusätzlich kann unabhängig davon, daß das in Fig. 4 dargestellte Regelprogramm so implementiert ist, daß der Schritt S111 zum Stoppen oder Sperren der Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung beim Ansteigen der Motortemperatur vor dem Verstreichen der vorgegebenen Zeitperiode vorgesehen ist, dieser Schritt S111 einspart werden.

Nun richtet sich die Beschreibung auf ein Kraftstoffeinspritz-Regelsystem gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Fig. 5 zeigt ein Flußdiagramm zum Darstellen der Vorgänge in einem Regelprogramm, das durch das Kraftstoffeinspritz-Regelsystem gemäß der vorliegenden Ausführungsform durchgeführt wird, und die Fig. 6 zeigt ein Zeitablaufdiagramm zum Darstellen desselben. Das nun betrachtete Regelprogramm wird wiederholt durch die ECU-Einheit 22 einmal bei zwei Drehungen der Kurbelwelle eines Viertakt-Verbrennungsmotors vom Typ mit Zylindereinspritzung durchgeführt.

Wie in Fig. 5 gezeigt, wird bei Start des Regelprogramms in einem Schritt S200 anschließend in einem Schritt S201 entschieden, ob der Motor in den Motorstartzustand oder der Motorstartphase vorliegt oder nicht. Erfolgt in dem Schritt S201 die Entscheidung dahingehend, daß der Motor in dem Startzustand vorliegt, d. h. führt der Entscheidungsschritt S201 zu einer Bestätigung "JA", so geht die Durchführung des Regelprogramms zu einem Schritt S202 zum Rücksetzen eines akkumulierten Werts INT über, der hier nachfolgend erläutert wird. Andererseits überspringt dann, wenn entschieden wird, daß der Motor nicht in dem Startzustand oder in der Startphase vorliegt, d. h. wenn das Ergebnis des Entscheidungsschrittes S201 negativ bzw. "NEIN" ist, die Bearbeitung den Schritt S202 zum Übergehen zu einem Schritt S203.

In dem Schritt S203 erfolgt der Vergleich eines vorgegebenen Werts K, der einen Integrierwert für die Kraftstoffeinspritzmengen darstellt, die zum Erzielen einer vorgegebenen Temperatur erforderlich sind, und der vorab in der ECU-

Einheit 22 gespeichert ist, mit dem Akkumulier- oder Integrierwert INT der Kraftstoffeinspritzmengen q. Sofern der Kraftstoffeinspritz-Akkumulierwert INT den vorgegebenen Wert K nicht übersteigt, geht die Bearbeitung zu einem Schritt S204 über. Andernfalls geht sie zu einem Schritt S205 über.

In dem Schritt S204 erfolgt eine Entscheidung dahingehend, ob die Motortemperatur  $T_W$  höher als die zuvor erwähnte vorgegebene Aufwärmtemperatur  $T_H$  ist. Ist die Motortemperatur  $T_W$  höher als die vorgegebene Aufwärmtemperatur  $T_H$ , so geht die Bearbeitung zu einem Schritt S205 über, und andernfalls zu einem Schritt S206. In dem Schritt S205 wird die Expansionshub- oder Auspuffhub-Kraftstoffeinspritzung unterbrochen. Andererseits wird in dem Schritt S206 die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung oder die Auspuffhub-Kraftstoffeinspritzung durchgeführt oder fortgesetzt.

In einem Schritt S207 wird ein Wert zum Anzeigen einer Einzyklus-Ventilöffnungszeit geholt, und zwar gemäß der Ausgabezeitdauer für das Kraftstoffeinspritzsignal des Kraftstoffeinspritzventils, das die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung durchgeführt hat. Hierauf wird der zuvor erwähnte vorgegebene Wert T zu dem Akkumulierwert INT der Expansionshub-Kraftstoffeinspritzmengen addiert. Wie in Fig. 6 gezeigt, wird die Kraftstoffeinspritzmenge q kumuliert bei jedem Betriebszyklus für das Kraftstoffeinspritzventil addiert. Demnach steigt der Akkumulierwert INT für die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzmengen bei dem Expansionshub als Funktion des Zeitablaufs an. Der Akkumulierwert INT für die Kraftstoffeinspritzmengen wird auf einen Maximalwert geklemmt, der auf der Grundlage des vorgegebenen Wertes K bestimmt ist.

Das Kraftstoffeinspritz-Regelsystem für den Motor vom Typ mit Zylindereinspritzung gemäß der zweiten Ausführungsform der Erfindung weist das Merkmal auf, daß die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung oder die Auspuffhub-Kraftstoffeinspritzung lediglich während einer Zeitperiode freigegeben ist, die erforderlich ist, damit ein Wert, der sich durch Integrieren oder Akkumulieren der Ausgabezeitdauern für die Kraftstoffeinspritz-Steuersignale ergibt, den vorgegebenen Wert erreicht. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß die Kraftstoffeinspritzmengen proportional zu der Zeitperiode ist, während der die Kraftstoffeinspritzdüse in dem geöffneten Zustand gehalten wird, und demnach ist die dem Katalysator zugeführte Wärmemenge ebenfalls näherungsweise proportional zu der Summe der Kraftstoffeinspritz-Periodendauern. Demnach läßt sich der geeignete Temperaturanstieg des Katalysators sowie ein Vermeiden eines Ableitens von nicht verbranntem Gas dadurch realisieren, daß vorab in der ECU-Einheit der Akkumulier- oder Integrierwert für die Kraftstoffeinspritzvorgänge oder die durchzuführende Wiederholungszahl für die Kraftstoffeinspritzung gespeichert werden, die zum Erzielen einer vorgegebenen Temperatur erforderlich sind. Übrigens können der Integrierwert und die Zeitdauern des Kraftstoffeinspritz-Steuersignals durch Akkumulieren der tatsächlichen Kraftstoffeinspritzmenge bestimmt sein, die selbst wiederum auf der Grundlage des Kraftstoffdrucks bestimmt werden kann, sowie des Zelleninnendrucks, der Totzeit des Kraftstoffeinspritzers sowie anderer Faktoren.

Nun erfolgt eine Beschreibung eines Kraftstoffeinspritz-Regelsystems gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Fig. 7 zeigt ein Flußdiagramm zum Darstellen der Vorgänge in einem Regelprogramm, das durch das Kraftstoffeinspritz-Regelsystem gemäß der vorliegenden Ausführungsform der Erfindung durchgeführt wird. Das nun betrachtete Regelprogramm wird ebenfalls wiederholt durch die ECU-Einheit 22 einmal bei zwei Um-



drehungen der Kurbelwelle eines Viertaktmotors vom Typ mit Zylindereinspritzung durchgeführt.

Wie in Fig. 7 gezeigt, wird nach dem Start des Regelprogramms in einem Schritt S300 anschließend in einem Schritt S302 durch eine (nicht gezeigte) Motorstart-Detektionsvorrichtung entschieden, ob der Motor in den Motorstartzustand oder Motorstartphase vorliegt oder nicht. Erfolgt die Entscheidung in dem Schritt S301 dahingehend, daß der Motor in dem Startzustand vorliegt, d. h. führt der Entscheidungsschritt S301 zu einer Bestätigung "JA", so geht die Durchführung des Regelprogramms oder die Verarbeitung zu einem Schritt S302 über. Andererseits geht die Bearbeitung zu einem Schritt S310 über, wenn entschieden wird, daß der Motor nicht in dem Startzustand vorliegt, d. h. wenn das Ergebnis des Abfrageschritts S301 verneinend bzw. "NEIN" ist. Im übrigen wird mit der oben erwähnten Bezeichnung "Startzustand oder -phase" derjenige Zustand bezeichnet, bei dem der Motorstarter angetrieben ist. Alternativ kann der Zustand, in dem die Motordrehgeschwindigkeit (U/min) niedriger als ein vorgegebener Wert ist, als der Startzustand definiert sein. Ferner kann der Motorstartzustand anhand der Entscheidung bestimmt sein, ob die momentane Durchführung des nun betrachteten Regelprogramms dem ersten Durchlauf nach dem Start hiervon entspricht.

Anschließend wird in dem Schritt S302 die Motortemperatur  $T_W$  bestimmt bzw. abgerufen, derart, daß der zuvor erwähnte Integrier- oder Akkumulierwert INT rückgesetzt ist. In einem Schritt S203 wird die Motortemperatur  $T_W$  mit einer vorgegebenen Aufwärmtemperatur  $T_H$  verglichen. Ist die Motortemperatur  $T_W$  niedriger als die vorgegebene Aufwärmtemperatur  $T_H$ , so geht die Verarbeitung zu einem Schritt S304 über. Ist die Motortemperatur  $T_W$  höher als die vorgegebene Aufwärmtemperatur  $T_H$ , wie im Fall des Neustarts des Motors, so geht die Verarbeitung, die Durchführung des Regelprogramms, zu einem Schritt S306 über.

In dem Schritt S304 wird die Motortemperatur  $T_W$  mit einer vorgegebenen niedrigen Temperatur  $T_C$  verglichen. Die vorgegebene niedrige Temperatur  $T_C$  kann auf eine Cryo-Temperatur von beispielsweise  $-30^\circ\text{C}$  gesetzt sein. Ist die Motortemperatur  $T_W$  höher als die vorgegebene niedrige Temperatur  $T_C$ , so geht die Verarbeitung zu einem Schritt S305 über, und andernfalls zu einem Schritt S309. In dem Schritt S305 wird die Motortemperatur  $T_W$  mit einer vorgegebenen Temperatur  $T_1$  verglichen, die so gesetzt ist, daß sie niedriger als die vorgegebene Aufwärmtemperatur  $T_H$  und höher als die vorgegebene niedrige Temperatur  $T_C$  ist.

Ist die Motortemperatur  $T_W$  höher als die vorgegebene Temperatur  $T_1$ , so geht die Verarbeitung zu einem Schritt S307 durch. Andernfalls geht sie zu einem Schritt S308 über. In den Schritten S306 bis S309 werden vorgegebene Werte  $K_1$  jeweils für die Integrier- oder Akkumulierwerte der Expansionshub-Benzinenspritzvorgänge gesetzt.

In dem Schritt S306 wird der vorgegebene Akkumulierwert  $K_1$  zu Null gesetzt, worauf der Schritt S310 durchgeführt wird. In dem Schritt S307 wird ein zuvor in der ECU-Einheit 22 in Zuordnung zu der Motortemperatur  $T_W$  ( $T_H \geq T_W > T_1$ ) gespeicherter vorgegebener Wert  $\beta_1$  zu  $K_1$  als vorgegebener oder integrierter Akkumulierwert gesetzt.

Ähnlich werden jeweils ein vorgegebener Wert  $\beta_2$  zu  $K_1$  in dem Schritt S308 und ein vorgegebener Wert  $\beta_3$  zu  $K_1$  in dem Schritt S309 als vorgegebener Integrier- oder Akkumulierwerte gesetzt. Hierdurch wird der vorgegebene Akkumulierwert zu  $K_1$  in Übereinstimmung mit der Motortemperatur  $T_W$  gesetzt. Im Schritt S310 erfolgt ein Vergleich des Akkumulierwerts INT für die Kraftstoffeinspritzung mit dem vorgegebenen Wert  $K_1$ , der einem Integrierwert für die Kraftstoffeinspritzmenge darstellt, die erforderlich ist, damit

die Motortemperatur  $T_W$  die vorgegebene Temperatur erreicht, der vorab in der ECU-Einheit 22 gespeichert ist.

In dem Schritt S310 wird der vorgegebene Wert  $K_1$  mit dem Akkumulierwert INT verglichen, um hierdurch zu entscheiden, ob der vorbestimmte Integrierwert ausgehend von dem Start des Motors erreicht ist oder nicht. Ein durch Integrieren oder Akkumulieren der Ausgangszeitperioden des Expansionshub-Kraftstoffeinspritzsignals ausgehend vom Start des Motor erhaltener Wert wird durch ein Symbol INT dargestellt. Wird entschieden, daß der akkumulierte Wert INT den vorgegebenen Wert  $K_1$  erreicht hat, so geht das Regelprogramm zu einem Schritt S312 über. Andernfalls geht sie zu einem Schritt S311 über.

In dem Schritt S311 erfolgt eine Entscheidung dahingehend, ob die Motortemperatur  $T_W$  höher als die vorgegebene Aufwärmtemperatur  $T_H$  ist oder nicht. Ist die Motortemperatur  $T_W$  höher als die vorgegebene Aufwärmtemperatur  $T_H$ , so geht die Verarbeitung zu einem Schritt S312 über und andernfalls zu einem Schritt S313.

In dem Schritt S313 wird die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung durchgeführt oder fortgesetzt. Als Konsequenz erfolgt die zweite oder sekundäre Verbrennung, um hierdurch entsprechend die Temperatur des Katalysators anzuheben, wie hier-zuvor beschrieben. In dem Schritt S314 wird der Wert T äquivalent zu einer Öffnungszeit eines Ventils während eines Zyklus gemäß der Ausgabedauer des Kraftstoffeinspritzsignals für das Kraftstoffeinspritzventil bestimmt, derart, daß diese (d. h., das Öffnen des Ventils) während der Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung erfolgt. In Folge wird der oben erwähnte Wert T zu dem Akkumulier- oder Integrierwert INT der Kraftstoffeinspritzgrößen des Expansionshubs addiert.

In dem Schritt S212 wird die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung gestoppt. Insbesondere dann, wenn in dem Schritt S310 eine Entscheidung dahingehend erfolgt, daß der Akkumulierwert, der sich durch Akkumulieren der Kraftstoffeinspritzgrößen ausgehend von dem Zeitpunkt des Starts des Motors ergibt, den vorgegebenen  $K_1$  erreicht hat oder wenn in dem Schritt S311 bestimmt wird, daß die Motortemperatur  $T_W$  höher als die vorgegebene Aufwärmtemperatur  $T_H$  ist, wird die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzsteuerung gestoppt. Somit geht die Verarbeitung zu einem Schritt S315 über, und anschließend terminiert das Regelprogramm. Demnach wird der gewöhnliche Motorbetriebszustand wieder aufgenommen und fortgesetzt, ohne Durchführung der sekundären Verbrennung in dem Motor.

Somit beginnt bei dem Motor vom Typ mit Zylindereinspritzung gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung das Akkumulieren oder Integrieren des Kraftstoffeinspritzsignal-Ausgangswertes bei Start des Motors, d. h. ausgehend von dem ersten Durchlauf des Regelprogramms, und ein vorgegebener Wert für den Integrierwert wird variabel in Übereinstimmung mit der Temperatur des Motors gesetzt. Wenn der oben erwähnte vorgegebene Wert oder die vorgegebene Motortemperatur überschritten wird, wird die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung oder die Auspuffhub-Kraftstoffeinspritzung gestoppt. Hierdurch läßt sich der Temperaturanstieg des Katalysators mit verbesserter Genauigkeit steuern.

Bei der vorangehenden Beschreibung des Kraftstoffeinspritz-Regelsystems gemäß der dritten Ausführungsform der Erfindung wurde davon ausgegangen, daß dem oben erwähnte vorgegebene Wert der Kraftstoffeinspritzmenge variabel und selektiv zu den drei Akkumulierwerten  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  und  $\beta_3$  gesetzt ist. Jedoch versteht es sich von selbst, daß sich eine größere Zahl von Werten selektiv wie bei dem zuvor erwähnten vorgegebenen Wert  $K_1$  dadurch setzen läßt, daß selektiv der vorgegebene Akkumulierwert von der Da-



tenabbildung (Engl.: data map) in Übereinstimmung mit den Motortemperaturen ausgelesen wird. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, daß ein Einlaßlufttemperatursensor, ein Öltemperatursensor, ein Katalysatortemperatursensor, ein Abgastemperatursensor oder dergleichen ebenfalls als Motortemperatursensor eingesetzt werden können.

Nun richtet sich die Beschreibung auf das Kraftstoffeinspritz-Regelsystem gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Fig. 8 zeigt ein Flußdiagramm zum Darstellen der Vorgänge eines Regelprogramms, das von dem Kraftstoffeinspritz-Regelsystem gemäß der vorliegenden Ausführungsform durchgeführt wird. Zunächst ist zu erwähnen, daß das nun betrachtete Regelprogramm wiederholt durch die ECU-Einheit 22 einmal bei zwei Umdrehungen der Kurbelwelle durchgeführt wird. Wie in Fig. 8 gezeigt, wird nach dem Start des Regelprogramms in einem Schritt S400 anschließend in einem Schritt S401 durch die hier zuvor erwähnte (nicht gezeigte) Motorstart-Detektionsvorrichtung detektiert, ob der Motor in dem Motorstartzustand oder der Motorstartphase vorliegt oder nicht.

Erfolgt in dem Schritt S401 eine Entscheidung dahingehend, daß der Motor in dem Startzustand vorliegt, so geht die Verarbeitung des Regelprogramms zu einem Schritt S402 über. Wird andererseits entschieden, daß der Motor nicht in dem Startzustand oder der Startphase vorliegt, so geht die Verarbeitung zu einem Schritt S410 über. Am Rande sei bemerkt, daß mit der oben erwähnten Bezeichnung "Startzustand oder -phase" der Zustand bezeichnet ist, in dem der Motorstarter angetrieben ist. Alternativ kann der Zustand, in dem die Motordrehzahl (U/min) niedriger als ein vorgegebener Wert ist, als der Startzustand oder die Startphase definiert sein. Ferner kann der Motorstartzustand durch die Entscheidung bestimmt werden, ob die momentane Durchführung des Regelprogramms dem ersten Durchlauf nach dem Start hiervon entspricht oder nicht.

Anschließend wird in dem Schritt S402 die Motortemperatur  $T_W$  geholt bzw. bestimmt, gefolgt von einem Schritt S403, in dem die Motortemperatur  $T_W$  mit einer vorgegebenen Aufwärmtemperatur  $T_H$  zum Anzeigen des aufgewärmten Zustands des Motors verglichen wird. Ist die Motortemperatur  $T_W$  höher als die vorgegebene Aufwärmtemperatur  $T_H$ , wie in dem Fall des erneuten Starts des Motors, so geht die Verarbeitung zu einem Schritt S406 über, und andernfalls zu einem Schritt S404. In diesem Schritt S404 wird die Motortemperatur  $T_W$  mit einer vorgegebenen niedrigen Temperatur  $T_C$  verglichen. Die vorgegebene niedrige Temperatur  $T_C$  kann auf eine Cryo-Temperatur von beispielsweise  $-30^\circ\text{C}$  gesetzt sein. Im Gegensatz hierzu geht die Verarbeitung dann, wenn die Motortemperatur  $T_W$  höher als die vorgegebene niedrige Temperatur  $T_C$  ist, zu einem Schritt S405 über, und andernfalls zu einem Schritt S409.

In dem Schritt S405 wird die Motortemperatur  $T_W$  mit einer vorgegebenen Temperatur  $T_1$  verglichen, die so gesetzt ist, daß sie niedriger als die oben erwähnte vorgegebene Aufwärmtemperatur  $T_H$  und höher als die oben erwähnte vorgegebene niedrige Temperatur  $T_C$  ist. Ist die Motortemperatur  $T_W$  höher als die vorgegebene Temperatur  $T_1$ , so geht die Verarbeitung zu einem Schritt S407 über. Andernfalls geht sie zu einem Schritt S408 über. In den Schritten S406 bis S409 werden jeweils Anfangswerte 0, C1, C2 und C3 für den Zähler C für die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung gesetzt.

Insbesondere wird in dem Schritt S410 der Zählerwert C für die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung oder die Auspuffhub-Kraftstoffeinspritzung mit Null verglichen, um hierdurch eine Entscheidung dahingehend durchzuführen, ob die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung erforderlich ist oder nicht. Weist der Zählerwert C den Wert Null auf, so

geht die Verarbeitung zu einem Schritt S412 über. Andernfalls geht die Verarbeitung zu einem Schritt S411 über. In dem Schritt S411 erfolgt eine Entscheidung dahingehend, ob die Motortemperatur  $T_W$  höher als die zuvor erwähnte vorgegebene Aufwärmtemperatur  $T_H$  ist oder nicht.

Ist die Motortemperatur  $T_W$  höher als die vorgegebene Aufwärmtemperatur  $T_H$ , so geht die Verarbeitung zu einem Schritt S412 über, und andernfalls zu einem Schritt S413. In dem Schritt S412 wird die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung unterbrochen. Andernfalls wird in dem Schritt S413 die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzsteuerung durchgeführt und fortgesetzt. Die Kraftstoffeinspritzmenge " $Q_{ij2}$ " wird als Funktion  $F(C)$  des Zählerwerts C bestimmt, die in Fig. 9 gezeigt ist. Demnach läßt sich die Kraftstoffeinspritzmenge  $Q_{ij2}$  darstellen durch den Ausdruck " $Q_{ij2} = F(C)$ ". Anschließend wird in einem Schritt S414 der Zählerwert C dekrementiert und bei einem minimalen Wert von beispielsweise Null gehalten. Hierdurch findet – wie zuvor beschrieben – die sekundäre Verbrennung statt, damit sie zu dem Temperaturanstieg des Katalysators beiträgt. Schließlich geht die Verarbeitung zu einem Schritt S415 über, wo die Durchführung des Regelprogramms terminiert.

Wie anhand der obigen Ausführungen ersichtlich, wird in dem Kraftstoffeinspritz-Regelsystem gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung die Kraftstoffeinspritzmenge pro Zyklus der Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung allmählich als Funktion der Motorgeschwindigkeit (U/min) so verringert, daß die Kraftstoffeinspritzmenge zu Null reduziert ist, nachdem eine vorgegebene Zahl von Wiederholungen des Expansionshubs durchgeführt ist. Übrigens kann unabhängig davon, daß die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzmenge allmählich als krummlinige Funktion  $F(C)$  der Zahl der Wiederholungen (C) des Expansionshubs nach dem Start des Motors durchgeführt wird, die oben erwähnte Funktion linear sein.

Durch die oben beschriebene Kraftstoffeinspritzregelung wird die dem Katalysator zugeführte Wärmemenge allmählich als Funktion der ablaufenden Zeit verringert, wodurch sich die Temperatur des Katalysators auf einen vorgegebenen Wert ohne ein Überspringen stabilisieren läßt. Somit läßt sich ein geeignetes Erwärmen des Katalysators in Übereinstimmung mit der tatsächlichen Temperatur des Katalysators realisieren, während ein Ableiten von nicht verbrannten Gaskomponenten mit hoher Zuverlässigkeit vermieden wird.

Nun wird der Betrieb des Kraftstoffeinspritz-Regelsystems gemäß einer fünften Ausführungsform der Erfindung beschrieben. Die Fig. 10A zeigt ein Flußdiagramm zum Darstellen der Vorgänge des von dem Kraftstoffeinspritz-Regelsystem gemäß der vorliegenden Ausführungsform durchgeführten Regelprogramms, und die Fig. 10B zeigt ein Zeitablaufdiagramm zum Darstellen des Betriebs desselben. Ähnlich zu dem Fall der hier zuvor beschriebenen Kraftstoffeinspritz-Regelsysteme wird das nun betrachtete Regelprogramm wiederholt durch die ECU-Einheit 22 einmal bei zwei Umdrehungen der Kurbelwelle durchgeführt.

Wie in Fig. 10A gezeigt, wird nach dem Start des Regelprogramms in dem Schritt S500 anschließend in einem Schritt S501 durch eine (ebenfalls nicht gezeigte) Motorstartabschluß-Detektionsvorrichtung detektiert, ob der Motorstartbetrieb abgeschlossen ist oder nicht. Erfolgt in dem Schritt S501 eine Entscheidung dahingehend, daß der Motorstartbetrieb abgeschlossen ist, so geht die Verarbeitung zu einem Schritt S506 über. Andererseits geht dann, wenn entschieden wird, daß der Motorstartbetrieb noch nicht abgeschlossen ist, die Verarbeitung zu einem Schritt S503 über.

In dem Schritt S503 wird ein vorgegebener Wert  $K_{c1}$  für einen Zähler C für die Expansionshub- oder Auspuffhub-

Kraftstoffeinspritzung gesetzt, worauf die Verarbeitung zu einem Schritt S508 übergeht. In diesem Fall ist der oben erwähnte vorgegebene Wert  $K_{c1}$  vorab in der ECU-Einheit 22 gespeichert. In dem Schritt S506 wird der Wert des oben erwähnten Zählers C mit Null verglichen, um hierdurch eine Entscheidung dahingehend durchzuführen, ob die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung erforderlich ist oder nicht. Weist der Wert des Zählers C Null auf, so geht die Verarbeitung zu einem Schritt S508 über. Andernfalls geht die Verarbeitung zu einem Schritt S507 über.

In dem Schritt S507 erfolgt eine Entscheidung dahingehend, ob die Motortemperatur  $T_W$  höher als die vorgegebene Aufwärmtemperatur  $T_H$  ist, so wie hier zuvor beschrieben. Ist die Motortemperatur  $T_W$  höher als die vorgegebene Aufwärmtemperatur  $T_H$ , so geht die Verarbeitung zu einem Schritt S508 über, oder andernfalls alternativ zu einem Schritt S509. In dem Schritt S508 wird die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung unterbrochen. Andererseits wird in im Schritt S509 die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzsteuerung durchgeführt oder fortgesetzt. Die Kraftstoffeinspritzmenge  $Q_{ij2}$  wird als Funktion  $F(C)$  des Zählerwerts C bestimmt, wie in Fig. 9 gezeigt. Somit läßt sich die Kraftstoffeinspritzmenge  $Q_{ij2}$  darstellen durch  $Q_{ij2} = F(C)$ .

Anschließend wird in einem Schritt S510 der Zählerwert C dekrementiert und auf einen minimalen Wert von beispielsweise Null festgehalten. Auf diese Weise findet – wie hier zuvor beschrieben – die zweite Verbrennung statt, damit sie zu dem Temperaturanstieg des Katalysators beiträgt. Schließlich geht die Verarbeitung zu einem Schritt S511 über, in dem die Durchführung des Regelprogramms terminiert.

Wie sich anhand von Fig. 10B erkennen läßt, wird bei dem Kraftstoffeinspritz-Regelsystem gemäß der vorliegenden Ausführungsform der vorliegenden Erfindung die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzregelung nach dem Abschluß der Motorstartbetriebs durchgeführt. Somit lassen sich derartig unerwünschte Wirkungen wie ein Abwürgen des Motors, eine anormale Drehung oder dergleichen, vermeiden, die aufgrund einer externen Störung auftreten können, die möglicherweise bei der während des Motorstartbetriebs durchgeführten Expansionshub-Kraftstoffeinspritzregelung auftreten. In anderen Worten läßt sich das Erwärmen des Katalysators durchführen, nachdem die Umdrehungsgeschwindigkeit (U/min) des Motors nach dem Abschluß des Motorstartbetriebs stabilisiert ist.

Nun erfolgt eine Beschreibung eines modifizierten Betriebs des Kraftstoffeinspritz-Regelsystems gemäß der fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Fig. 11A und 11B zeigen Ansichten zum Darstellen der Vorgänge eines modifizierten Kraftstoffeinspritz-Regelprogramms gemäß der vorliegenden Ausführungsform der Erfindung. Insbesondere zeigt die Fig. 11A ein Flußdiagramm zum Darstellen der Vorgänge des modifizierten und von dem Kraftstoffeinspritz-Regelsystem gemäß der vorliegenden Ausführungsform durchgeführten Regelprogramms, und die Fig. 11B zeigt ein Zeitablaufdiagramm zum Erläutern desselben. Wie in Fig. 11A gezeigt, wird nach dem Start des Regelprogramms in einem Schritt S600 anschließend in einem Schritt S601 durch die oben erwähnte (nicht gezeigte) Motorstartabschluß-Detektionsvorrichtung entschieden, ob der Motorstartbetrieb erfolgreich abgeschlossen ist oder nicht. Führt die Entscheidung im Schritt S601 zu einer Bestätigung bzw. zu "JA", so geht die Durchführung des Regelprogramms oder die Verarbeitung zu einem Schritt S602 über. Wird andererseits entschieden, daß der Motorstartbetrieb noch nicht abgeschlossen ist, d. h. wenn das Ergebnis des Entscheidungsschrittes S601 negativ bzw. "NEIN" ist, die Verarbeitung zu einem Schritt S603 über.

In dem Schritt S603 wird ein vorgegebener Wert  $K_{c1}$  bei dem Zähler C für die Expansionshub- oder Auspuffhub-Kraftstoffeinspritzung gesetzt. Anschließend wird in einem Schritt S604 ein vorgegebener Wert  $K_{c1}$  bei einem Zähler C2 gesetzt, der für das Detektieren einer vorgegebenen Zeit vorgesehen ist, die bezogen auf den Abschluß des Motorstartbetriebs verstrichen ist, worauf die Verarbeitung zu einem Schritt S608 übergeht. Die oben erwähnten vorgegebenen Werte  $K_{c1}$  und  $K_{c2}$  werden vorab in der ECU-Einheit 22 gespeichert. In dem Schritt S602 wird der Zählerwert C2 dekrementiert. Das Dekrementieren des Zählerwerts C2 beginnt nach erfolgreichem Abschluß des Motorstartbetriebs, und endet mit einem Halten auf einem minimalen Wert von beispielsweise Null.

Bei dem Schritt S605 erfolgt eine Entscheidung dahingehend, ob der Zählerwert C2 Null ist oder nicht. Ist der Zählerwert C2 gleich Null, so bedeutet dies, daß die zuvor erwähnte vorgegebene Zeit, bezogen auf den Zeitpunkt, zu dem der Motorstartbetrieb erfolgreich abgeschlossen ist, verstrichen ist. Demnach geht die Verarbeitung zu einem Schritt S606 über. Andernfalls geht die Verarbeitung zu einem Schritt S608 über. In dem Schritt S606 wird der oben erwähnte Zählerwert C mit Null verglichen, um hierdurch zu entscheiden, ob die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung erforderlich ist oder nicht. Weist der Zählerwert C den Wert Null auf, so geht die Verarbeitung zu dem Schritt S608 über. Andernfalls geht sie zu dem Schritt S607 über, um eine Entscheidung dahingehend durchzuführen, ob die Motortemperatur  $T_W$  höher als die vorgegebene Aufwärmtemperatur  $T_H$  ist oder nicht.

Ist die Motortemperatur  $T_W$  höher als die vorgegebene Aufwärmtemperatur  $T_H$ , so geht die Verarbeitung zu dem Schritt S608 über, und andernfalls zu einem Schritt S609. In dem Schritt S608 wird die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung gestoppt. Andernfalls wird in dem Schritt S609 die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzregelung durchgeführt oder fortgesetzt. Die Kraftstoffeinspritzmenge  $Q_{ij2}$  wird als eine Funktion  $F(C)$  des Zählerwerts C bestimmt, wie in Fig. 9 dargestellt. Somit läßt sich die Kraftstoffeinspritzmenge  $Q_{ij2}$  anhand von  $Q_{ij2} = F(C)$  darstellen. Anschließend wird in einem Schritt S610 der Zählerwert C dekrementiert, und schließlich bei einem minimalen Wert von beispielsweise Null gehalten. Hierdurch kann – wie oben beschrieben – die zweite oder sekundäre Verbrennung zum Anheben der Temperatur des Katalysators stattfinden.

Schließlich geht die Verarbeitung zu einem Schritt S611 über, in dem die Durchführung des Regelprogramms terminiert. Wie in Fig. 11B gezeigt, wird bei der modifizierten Kraftstoffeinspritzregelung gemäß der betrachteten Ausführungsform der Erfindung die Expansionshub- oder Auspuffhub-Kraftstoffeinspritzung nach dem Verstreichen einer vorgegebenen Zeit in Folge zu dem Abschluß des Motorstartbetriebs gestartet. Somit lassen sich unerwünschte Ereignisse wie das Abwürgen des Motors, eine anormale Drehung des Motors oder dergleichen vermeiden, die aufgrund externer Störungen auftreten können, die möglicherweise durch die unmittelbar nach dem Motorstartbetrieb in dem Zustand mit instabiler Umdrehung durchgeführte Kraftstoffeinspritzregelung bewirkt werden. In anderen Worten ausgedrückt, läßt sich ein schnelles Aufwärmen des Katalysators realisieren, während die Stabilität des Motorbetriebs gewährleistet ist.

Nun richtet sich die Beschreibung auf eine sechste Ausführungsform der Erfindung. Das Kraftstoffeinspritz-Regelsystem gemäß der betrachteten Ausführungsform weist das Merkmal auf, daß die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzregelung oder alternativ die Auspuffhub-Kraftstoffeinspritzregelung lediglich für ausgewählte Zylinder durchgeführt

wird. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, daß dann, wenn die Kraftstoffeinspritzmenge niedriger als eine vorgegebene Menge bei der Durchführung der Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung ist, die Verbrennung bei dem Expansionshub instabil sein kann. Andererseits kann bei Durchführung der Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung derart, daß die Kraftstoffeinspritzmenge die vorgegebene Menge für sämtliche Zylinder übersteigt, der Katalysator möglicherweise in nicht gewünschter Weise übermäßig erwärmt werden.

Wird insbesondere für den Fall eines Vierzylindermotors lediglich die übliche Kraftstoffeinspritzung für die zwei Zylinder (#1 und #4) durchgeführt, während für die anderen Zylinder (#2 und #3) die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung oder alternativ die Auspuffhub-Kraftstoffeinspritzung zusätzlich zu der üblichen Kraftstoffeinspritzung durchgeführt wird, wie in **Fig. 12** gezeigt. In diesem Fall läßt sich der Katalysator sehr genau mit einer gewünschten Wärmemenge erwärmen unter Gewährleistung der Tatsache, daß die Kraftstoffeinspritzmenge ( $I_{j2}$ ) in der Lage ist, eine stabile Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung und Verbrennung aufrecht zu erhalten.

Ferner ist es auch möglich, die übliche Kraftstoffeinspritzung lediglich für die zwei Zylinder (#1 und #4) durchzuführen und die Expansionshub-Kraftstoffeinspritzung oder alternativ die Auspuffhub-Kraftstoffeinspritzung für alle vier Zylinder durchzuführen, um hierdurch den Temperaturanstieg des Katalysators zu fördern, während die Kraftstoffkosten im Zusammenhang mit dem Aufrechterhalten der Leerlaufumdrehung des Motors reduziert sind, wie in **Fig. 13** gezeigt. Zusätzlich ist es auch möglich, die Katalysatorerwärmung optimal mit minimalem Kraftstoffverbrauch zu realisieren, indem die übliche Kraftstoffeinspritzung lediglich für die zwei Zylinder (#1 und #4) durchgeführt wird, während die Expansionshub-Einspritzung oder alternativ die Auspuffhub-Kraftstoffeinspritzung für die anderen Zylinder (#2 und #3) durchgeführt wird, wie in **Fig. 14** gezeigt.

Ferner kann die übliche Kraftstoffeinspritzung und die Expansionshub- oder alternativ die Auspuffhub-Kraftstoffeinspritzung für lediglich zwei gleiche Zylinder durchgeführt werden, so wie in **Fig. 14** gezeigt.

Übrigens wurde im Fall der beispielhaften Ausführungsformen, wie sie jeweils in den **Fig. 12** bis **14** gezeigt sind, davon ausgegangen, daß die zweite Zündung  $I_{g2}$  in dem Expansionshub in Folge zu der zweiten Kraftstoffeinspritzung  $I_{j2}$  durchgeführt wird. Jedoch kann die Verbrennung durch Selbstzündung ohne Rückgriff auf die zweite oder sekundäre Zündung  $I_{g2}$  ausgelöst werden. Übrigens kann die zweite Zündung  $I_{g2}$  während dem Auspuffhub durchgeführt werden.

Zahlreiche Modifikationen und Veränderungen der vorliegenden Erfindung sind im Licht der obigen Techniken möglich. Es ist demnach zu erkennen, daß innerhalb des Schutzbereichs der angefügten Patentansprüche die Erfindung anders als hier spezifisch beschrieben praktisch eingesetzt werden kann.

#### Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritz-Regelsystem für einen Verbrennungsmotor vom Typ mit Zylindereinspritzung, bei dem Kraftstoff direkt in einen Zylinder über ein Kraftstoffeinspritzventil (**47** bis **50**) eingespritzt wird, enthaltend:
  - eine Motorstart-Detektionsvorrichtung zum Detektieren des Starts des Verbrennungsmotors (**10**);
  - eine Temperatur-Detektionsvorrichtung (**55**) zum Detektieren der Temperatur ( $T_W$ ) des Motors (**10**);

eine Detektionsvorrichtung für einen Motorzustand mit niedriger Temperatur (**22**) zum Detektieren der Tatsache, ob der Motor in einem kalten Zustand vorliegt oder nicht, und zwar durch Vergleich eines Detektionswerts ( $T_W$ ), der anhand einer Ausführungsgröße der Temperatur-Detektionsvorrichtung (**55**) abgeleitet wird, mit einem vorab gespeicherten vorgegebenen Wert; und

eine Steuervorrichtung (**22**) zum Steuern des Kraftstoffeinspritzventils zum Durchführen einer Expansionshub- Kraftstoffeinspritzung während einem Expansionshub oder alternativ einer Auspuffhub-Kraftstoffeinspritzung während eines Auspuffhubs lediglich während einer bestimmten Zeitperiode ( $K_T$ ) oder während einer vorgegebenen Hublänge nach dem Start der Kraftstoffeinspritzung, sofern das Starten des Verbrennungsmotors anhand der Ausführungsgröße der Motorstart-Detektionsvorrichtung detektiert ist und der Motorzustand mit niedriger Temperatur anhand der Ausgangsgröße der Detektionsvorrichtung für den Motorzustand bei niedriger Temperatur detektiert ist.

2. Kraftstoffeinspritz-Regelsystem für einen Verbrennungsmotor vom Typ mit Zylindereinspritzung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuervorrichtung (**22**) die vorgegebene Zeit ( $K_T$ ) in Übereinstimmung mit einem Detektionswert ( $T_W$ ), der von der Ausgangsgröße der Temperatur-Detektionsvorrichtung (**55**) abgeleitet ist, variabel setzt.

3. Kraftstoffeinspritz-Regelsystem für einen Verbrennungsmotor vom Typ mit Zylindereinspritzung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuervorrichtung (**42**) die Kraftstoffeinspritzung in dem Expansionshub oder alternativ in dem Auspuffhub lediglich für bestimmte der Zylinder (#1 bis #4) eines Verbrennungsmotors (**10**) durchführt.

---

Hierzu 14 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

FIG. 1

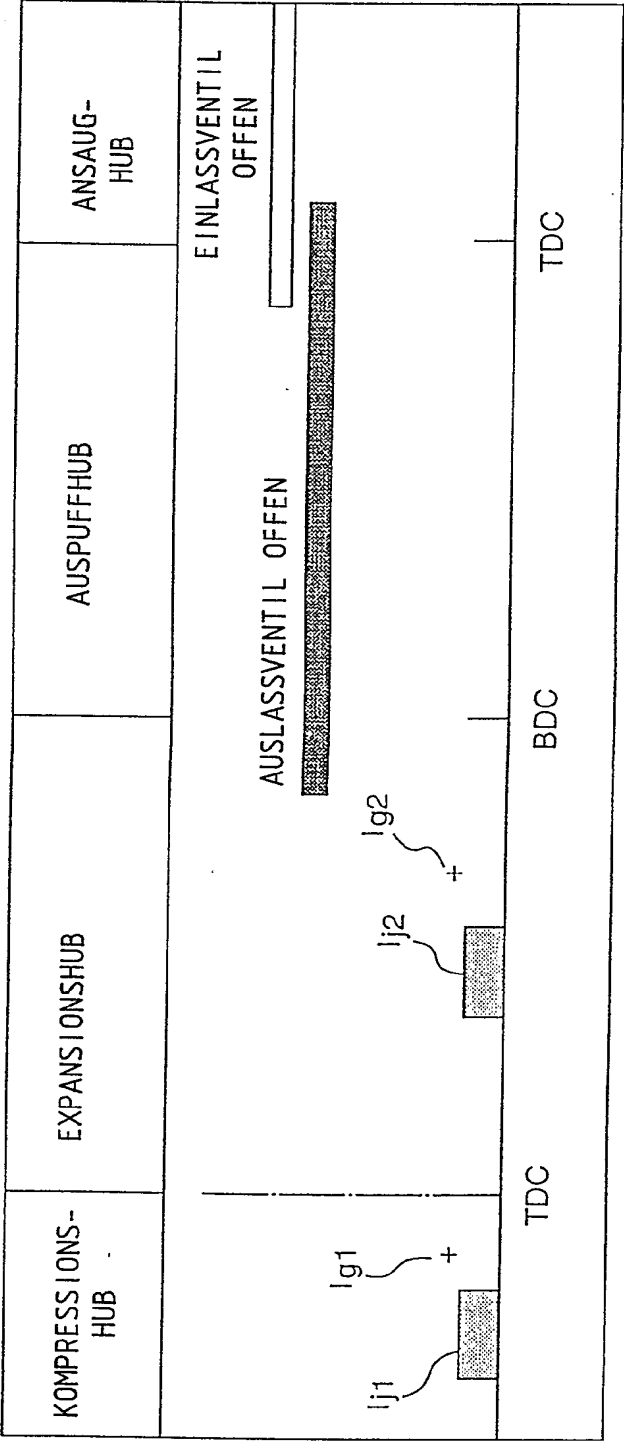


FIG. 2

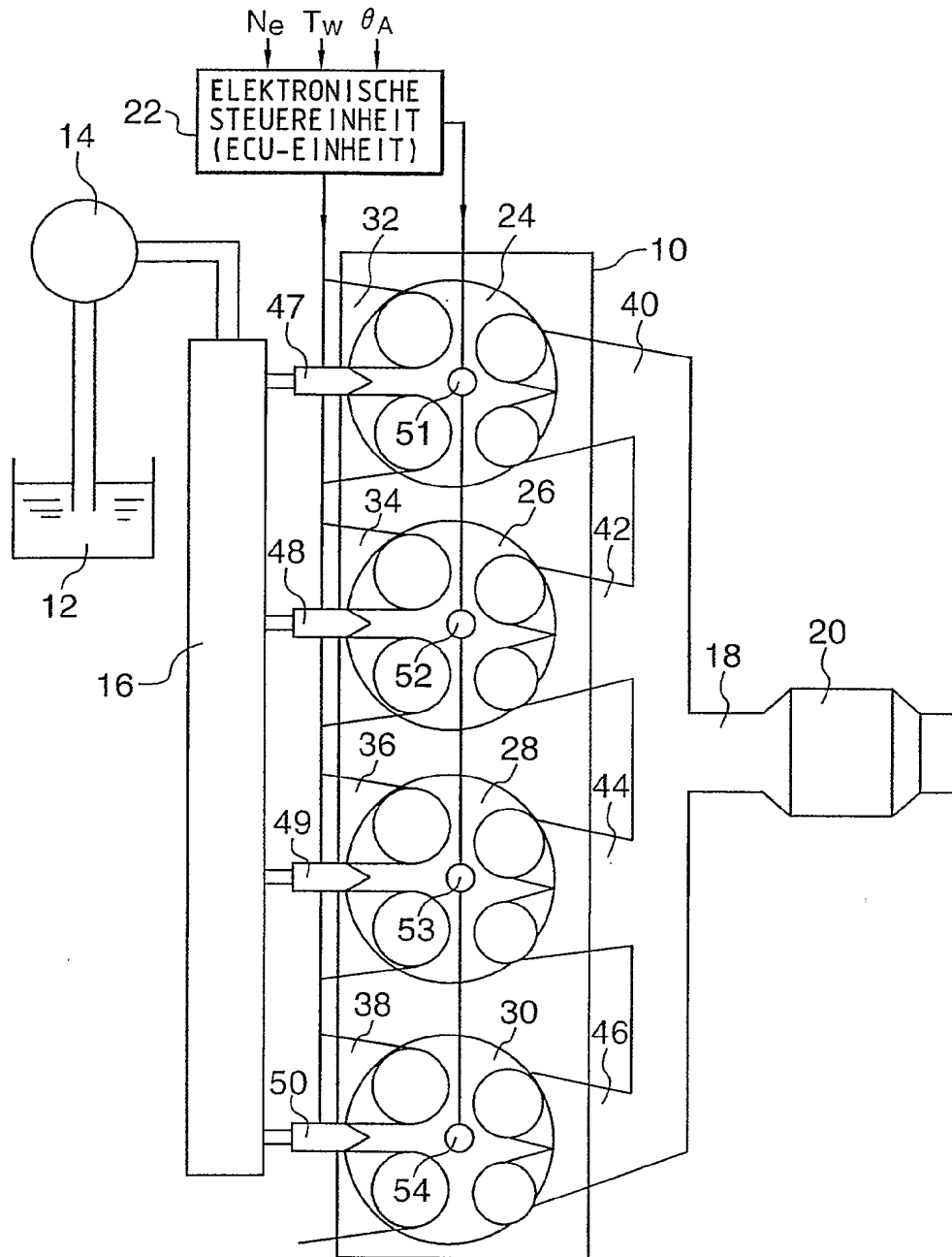


FIG. 3A

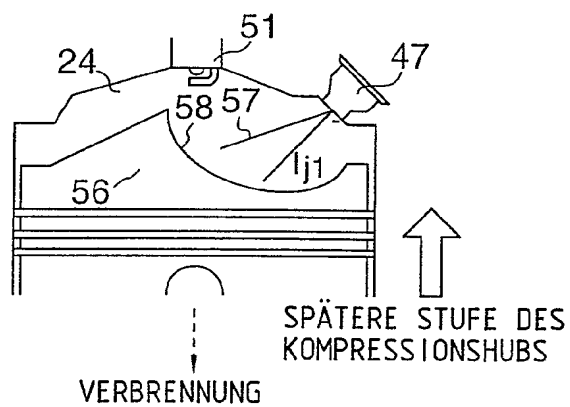


FIG. 3B

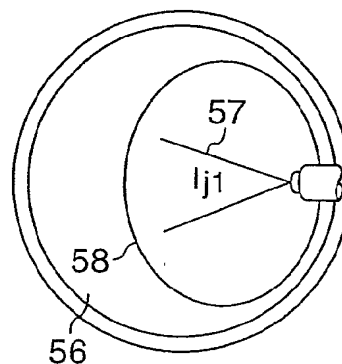


FIG. 3C

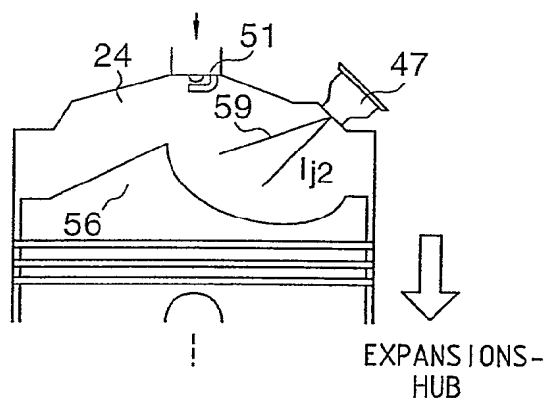


FIG. 3D

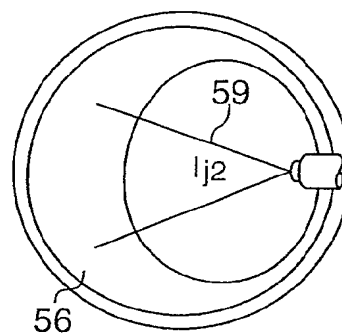


FIG. 3E

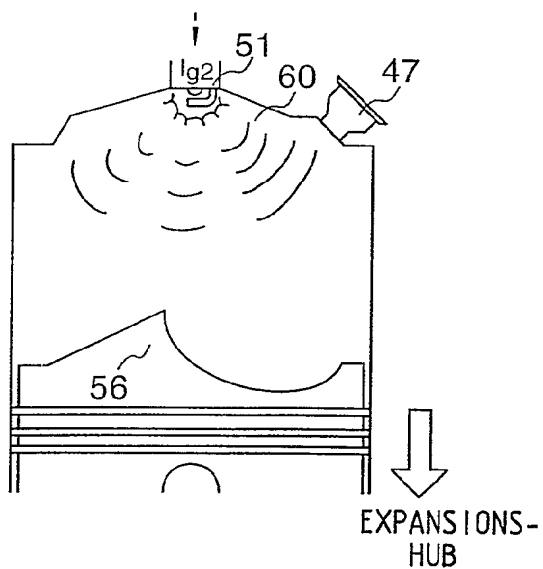




FIG. 4

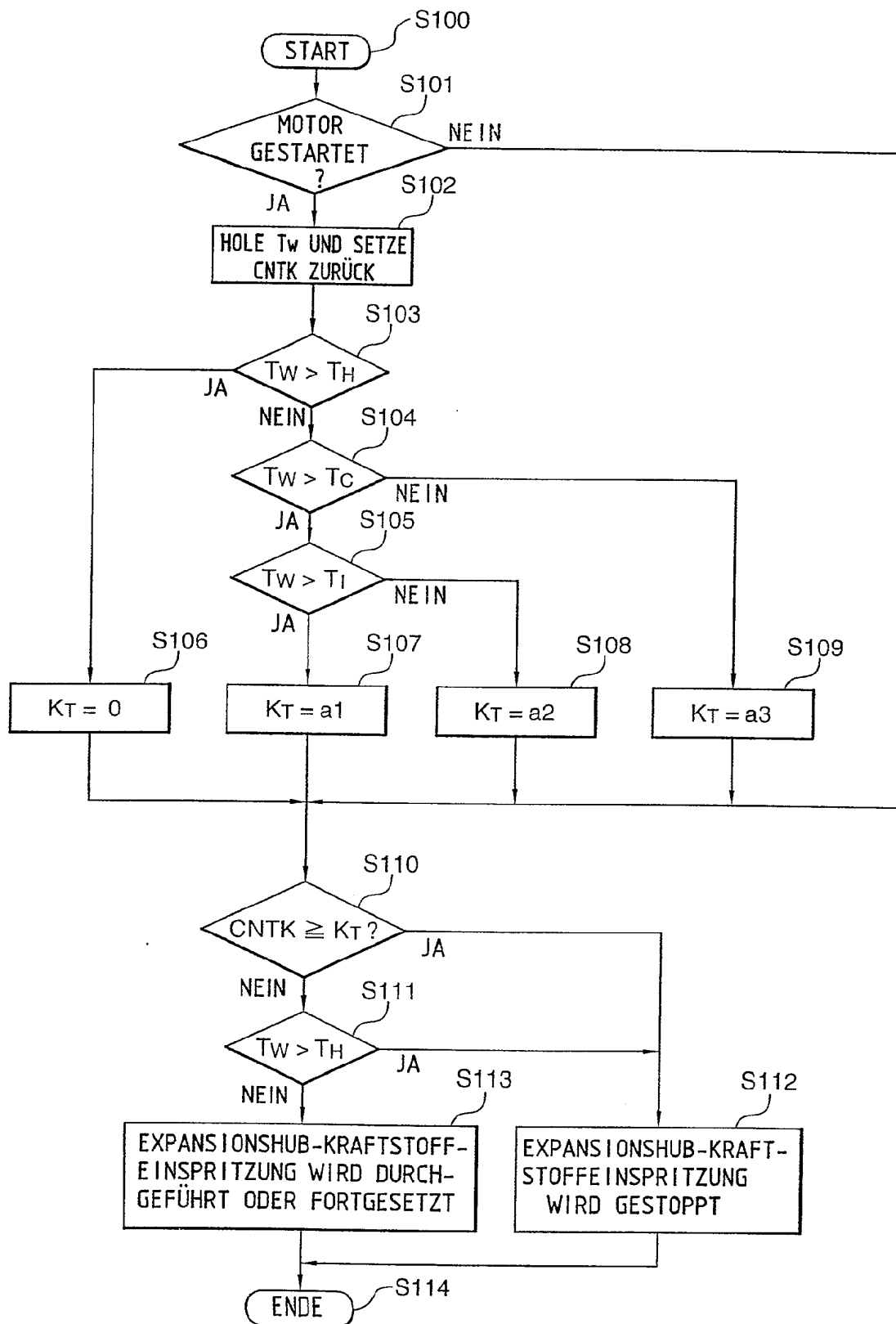
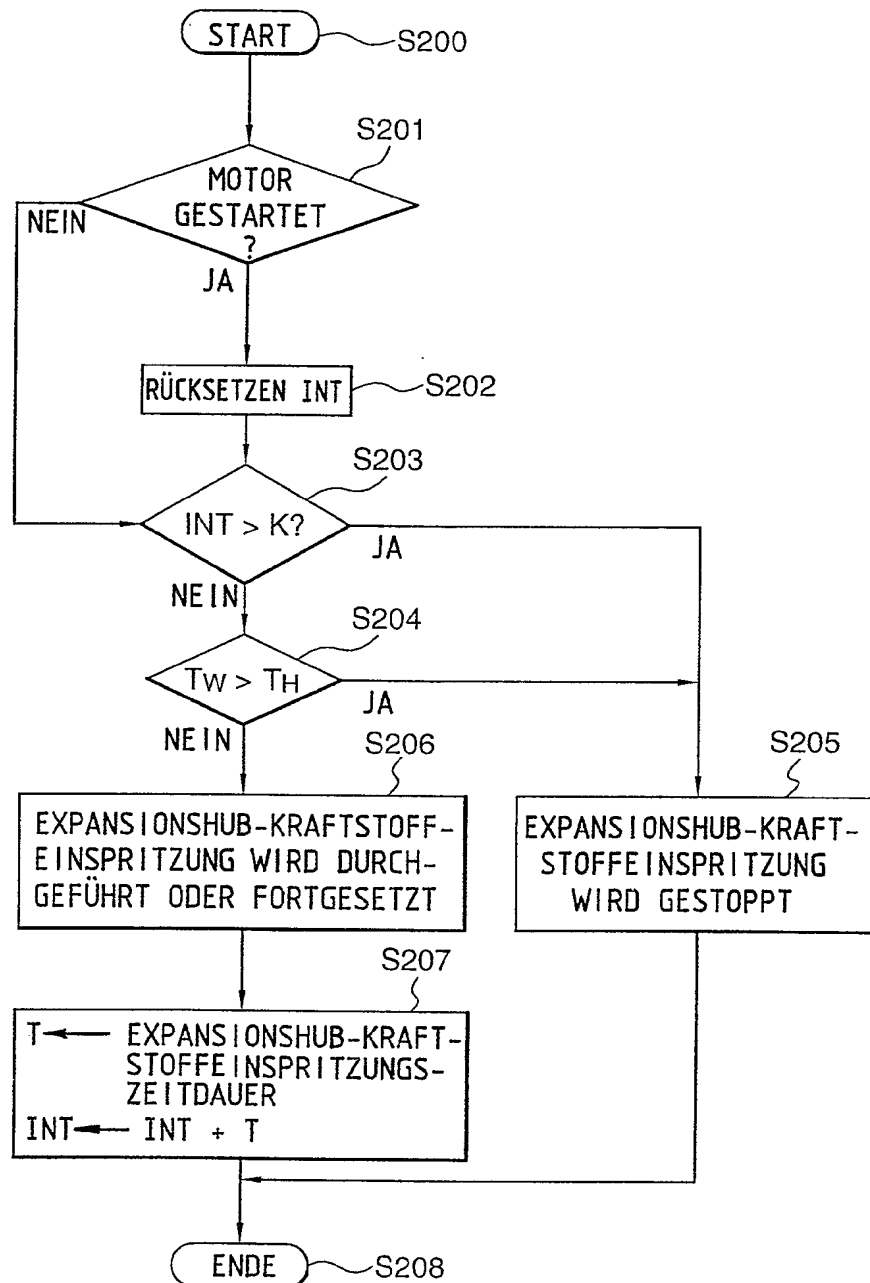


FIG. 5



**FIG. 6**

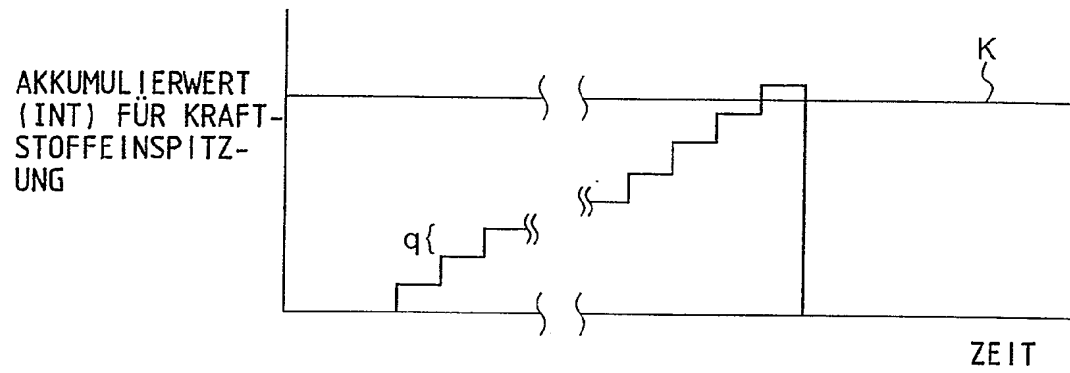


FIG. 7

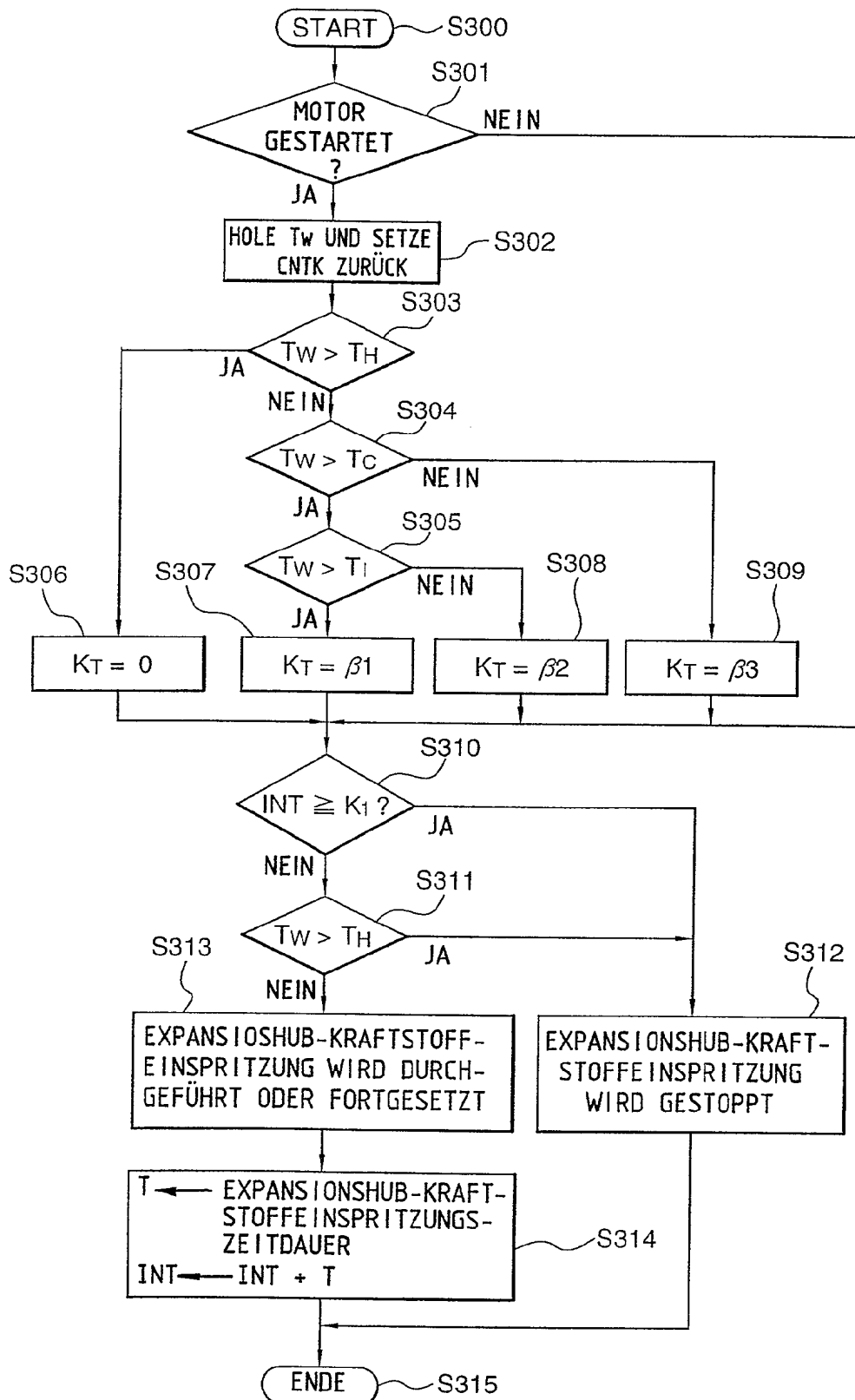


FIG. 8

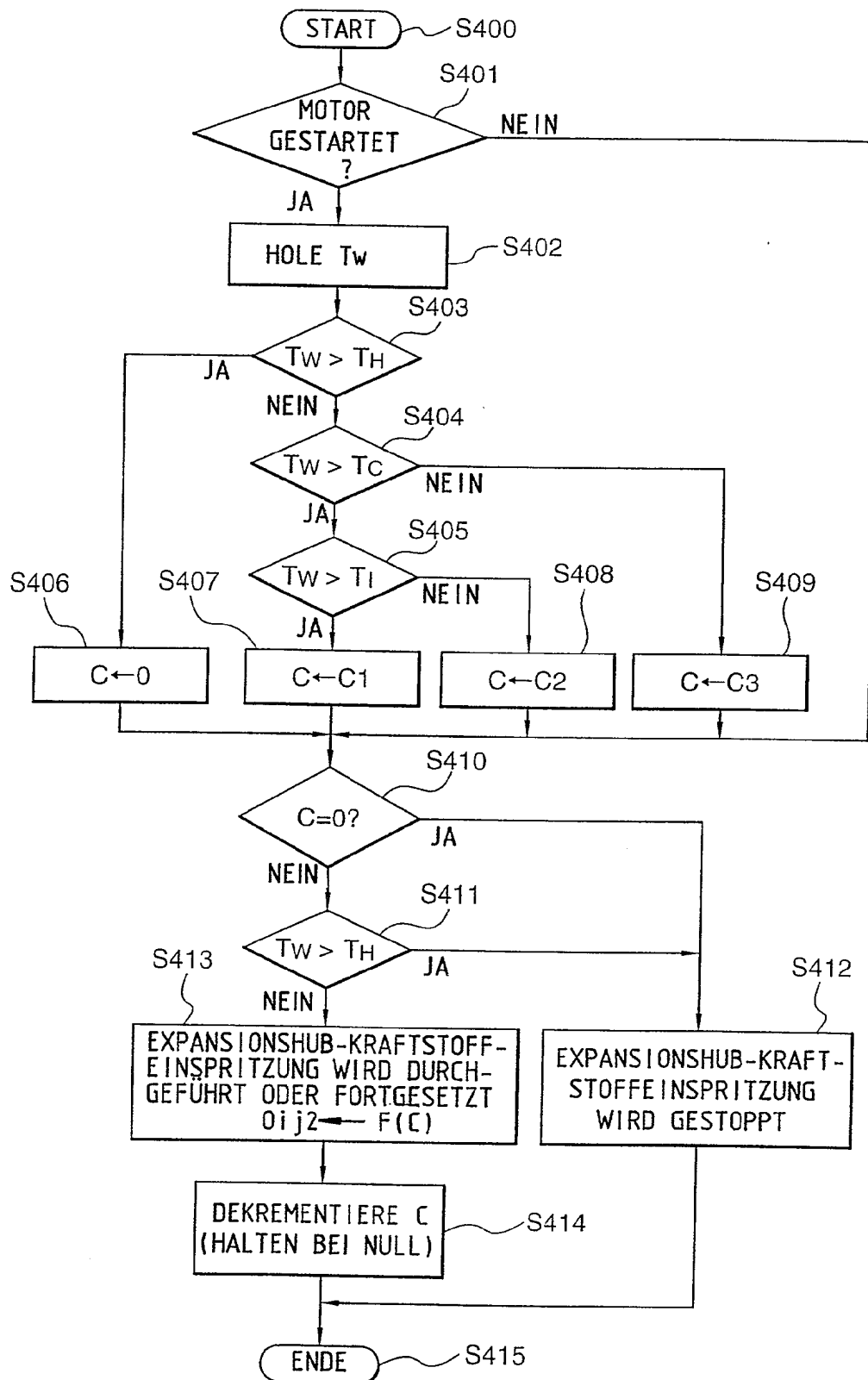


FIG. 9

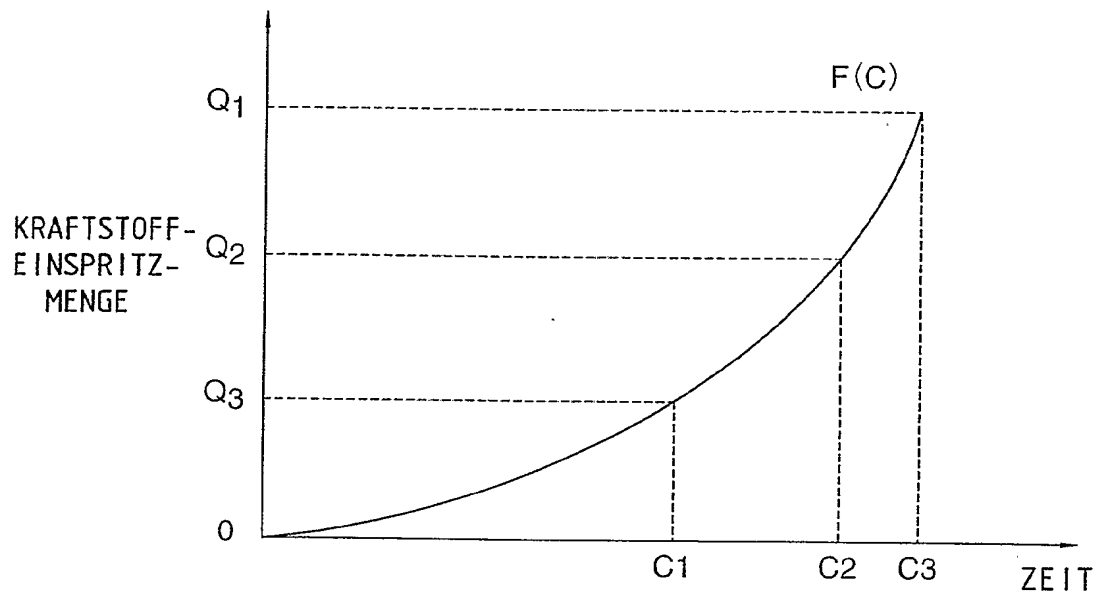


FIG. 10A

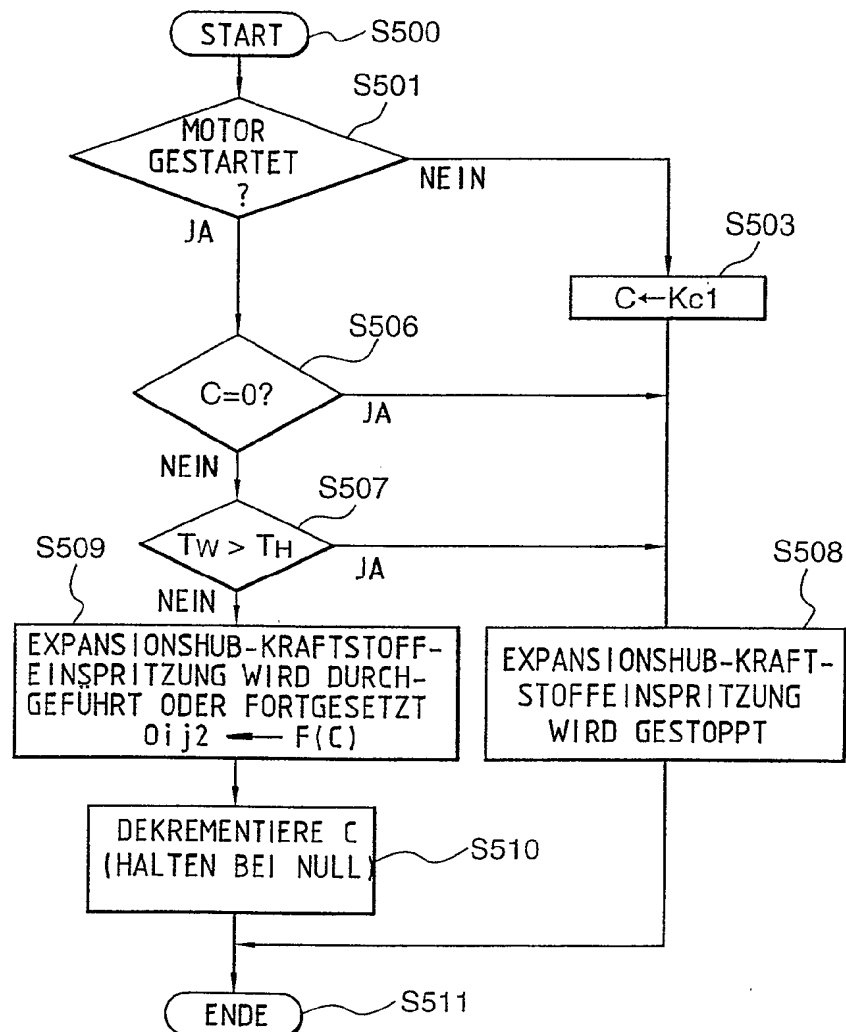


FIG. 10B

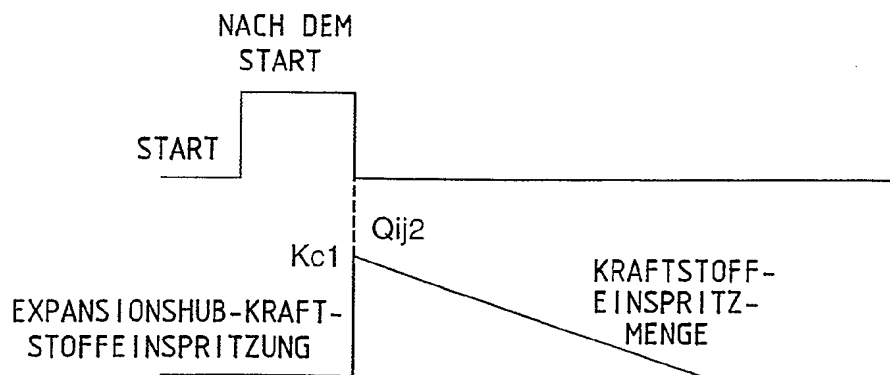




FIG. 11A

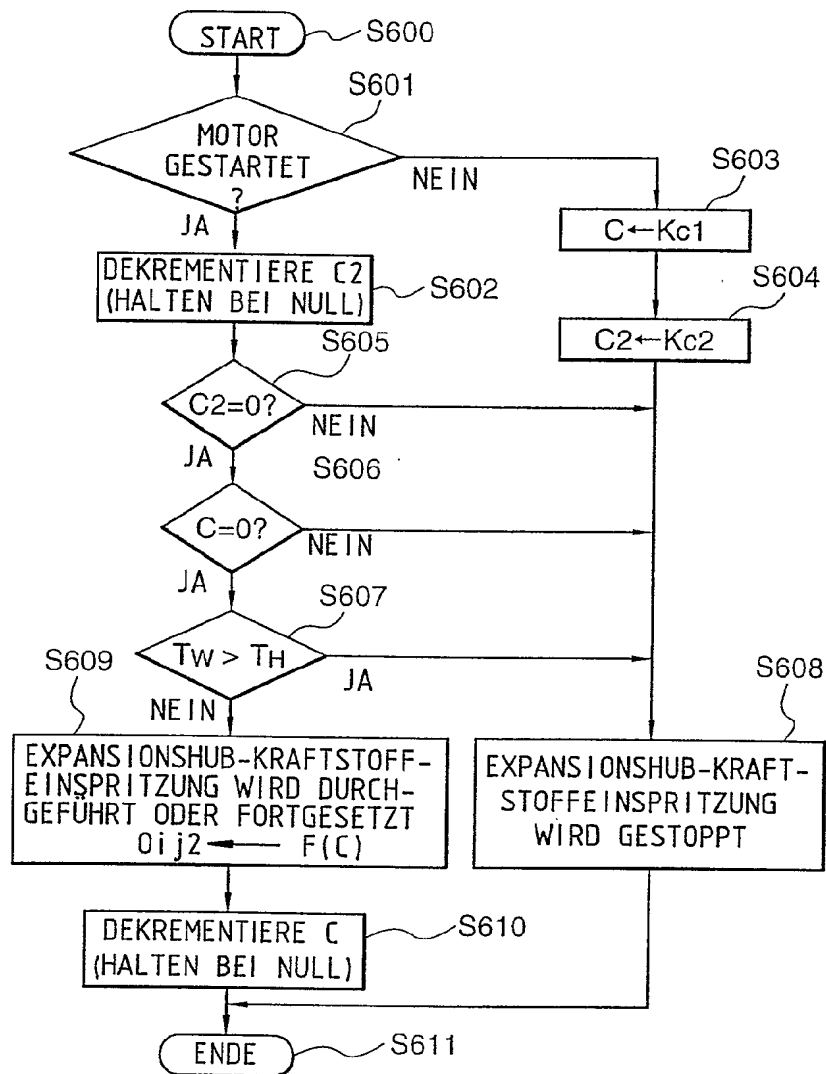


FIG. 11B

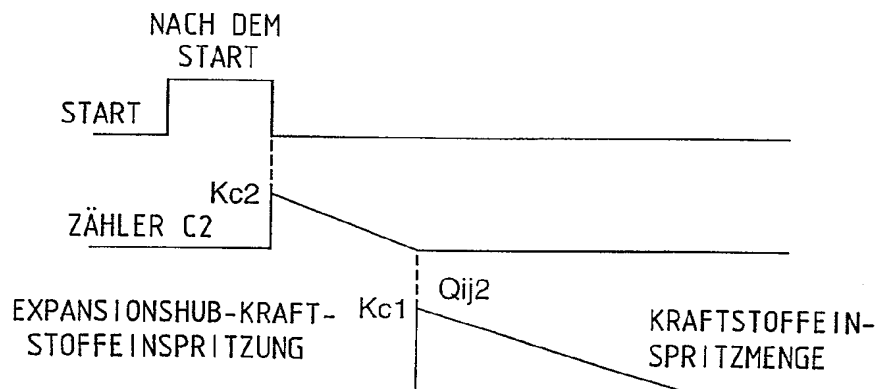


FIG. 12

# 1	C	E	EH	S	C	E	EH	S	C	E	EH	S	C	E	EH	S
# 3	S	C	E	EH	S	C	E	EH	S	C	E	EH	S	C	E	SH
# 4	EH	S	C	E	EH	S	C	E	EH	S	C	E	EH	S	C	E
# 2	E	EH	S	C	E	EH	S	C	E	EH	S	C	E	EH	S	C

I j1

I j2

IO

NOTE: "S" BEZEICHNET EINEN ANZAHLHUB  
"C" BEZEICHNET EINEN KOMPRESSIONSHUB  
"E" BEZEICHNET EINEN EXPANSIONSHUB  
"EH" BEZEICHNET EINEN AUSPUFFHUB  
"" BEZEICHNET EINE ÜBLICHE KRAFTSTOFFEINSPRITZUNG UND ZÜNDUNG  
"" BEZEICHNET EINE ZUSÄTZLICHE (SEKUNDÄRE) KRAFTSTOFFEIN-  
SPRITZUNG UND EINE ZÜNDUNG ZUM ANHEBEN DER KATALYSATOR-  
TEMPERATUR

FIG. 13

# 1	C	E	EH	S	C	E	EH	S	C	E	EH	S	C	E	EH	S
# 3	S	C	E	EH	S	C	E	EH	S	C	E	EH	S	C	E	EH
# 4	EH	S	C	E	EH	S	C	E	EH	S	C	E	EH	S	C	E
# 2	E	EH	S	C	E	EH	S	C	E	EH	S	C	E	EH	S	C

Ij1

Ij2

IO

NOTE: "S" BEZEICHNET EINEN ANZAHLHUB

"C" BEZEICHNET EINEN KOMPRESSIONSHUB

"E" BEZEICHNET EINEN EXPANSIONSHUB

"EH" BEZEICHNET EINEN AUSPUFFHUB

" " BEZEICHNET EINE ÜBLICHE KRAFTSTOFFEINSPRITZUNG UND ZÜNDUNG

" " BEZEICHNET EINE ZUSÄTZLICHE (SEKUNDÄRE) KRAFTSTOFFEIN-  
SPRITZUNG UND EINE ZÜNDUNG ZUM ANHEBEN DER KATALYSATOR-  
TEMPERATUR

FIG. 14

# 1	C	E	EH	S	C	E	EH	S	C	E	EH	S	C	E	EH	S
# 3	S	C	E	EH	S	C	E	EH	S	C	E	EH	S	C	E	EH
# 4	EH	S	C	E	EH	S	C	E	EH	S	C	E	EH	S	C	E
# 2	E	EH	S	C	E	EH	S	C	E	EH	S	C	E	EH	S	C

i j 1

i j 2

i O

NOTE: "S" BEZEICHNET EINEN ANZAHLHUB

"C" BEZEICHNET EINEN KOMPRESSIONSHUB

"E" BEZEICHNET EINEN EXPANSIONSHUB

"EH" BEZEICHNET EINEN AUSPUFFHUB

" " BEZEICHNET EINE ÜBLICHE KRAFTSTOFFEINSPRITZUNG UND ZÜNDUNG

" " BEZEICHNET EINE ZUSÄTZLICHE (SEKUNDÄRE) KRAFTSTOFFEIN-  
SPRITZUNG UND EINE ZÜNDUNG ZUM ANHEBEN DER KATALYSATOR-  
TEMPERATUR